



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE145561

**PENERAPAN ALAT PEMBACA SENSOR *LOAD CELL*
PADA *UNIVERSAL TESTING MACHINE (UTM)***

Rizan Zairosyi Fahmi
NRP 10311500000057

Dosen Pembimbing
Slamet Budiprayitno, ST., MT.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO OTOMASI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - TE 145561

***APPLICATION OF READERS TOOLS SENSORS LOAD CELL
ON UNIVERSAL TESTING MACHINE (UTM)***

Rizan Zairosyi Fahmi
NRP 10311500000057

Advisor
Slamet Budiprayitno, ST., MT.

***DEPARTEMENT OF ELECTRICAL AUTOMATION ENGINEERING
Faculty of Vocations
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018***

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

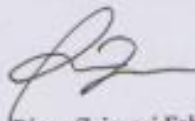
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul **"PENERAPAN ALAT PEMBACA *SENSOR LOAD CELL* PADA *UNIVERSAL TESTING MACHINE (UTM)*"** adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 26 Juli 2018



Rizan Zairosyi Fahmi
NRP. 10311500000057

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

**PENERAPAN ALAT PEMBACA *SENSOR LOAD CELL*
PADA *UNIVERSAL TESTING MACHINE (UTM)***

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik
Pada
Departemen Teknik Elektro Otomasi
Fakultas Vokasi
Institut teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui :

Dosen Pembimbing



Slamet Budiprayitno, ST., MT
NIP. 197811132010121002

**SURABAYA
JULI, 2018**

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

PENERAPAN ALAT PEMBACA *SENSOR LOAD CELL* PADA *UNIVERSAL TESTING MACHINE (UTM)*

Nama : Rizan Zairosyi Fahmi
Pembimbing : Slamet Budiprayitno, ST., MT.

ABSTRAK

Suatu logam mempunyai karakteristik yang berbeda atas sifat fisik, mekanik, thermal, dan korosif. Salah satu yang penting dari sifat tersebut adalah sifat mekanik. Sifat mekanik terdiri dari kekerasan, kekuatan, dan ketangguhan. Sifat mekanik merupakan salah satu acuan untuk melakukan proses selanjutnya terhadap suatu material, untuk mengetahui sifat mekanik pada suatu logam harus dilakukan pengujian terhadap logam tersebut (Zaenuri, 2008). Salah satu pengujian yang dilakukan yaitu *test* uji Tarik dan *test* uji tekan dengan *Universal Testing Machine (UTM)*, dalam melakukan *test* uji tarik dan uji tekan terdapat suatu bagian yang dapat mengetahui karakteristik suatu logam dengan menggunakan sensor *load cell*.

Sensor Load Cell merupakan sebuah *transducer* gaya yang bekerja berdasarkan prinsip perubahan sebuah material akibat adanya tegangan mekanis yang bekerja. *Sensor Load Cell* terdapat suatu bagian yang sangat penting yaitu *strain gauge*. *Strain gauge* menghasilkan perubahan nilai tahanan yang proporsional dengan perubahan panjang atau jarak (*length*), sehingga menyebabkan perubahan sinyal tegangan dari perubahan resistansi dalam rangkaian jembatan *Wheatstone*. Sinyal yang dihasilkan dalam rangkaian jembatan *Wheatstone* biasanya sangat kecil dan terdapat banyak *noise* sehingga memerlukan rangkaian *signal conditioning* yang baik. Bagian rangkaian *signal conditioning* yang akan digunakan yaitu rangkaian penguat, rangkaian *filter* dan rangkaian pembatas tegangan. Hasil dari *signal conditioning* memerlukan *Analog-to-Digital Converter (ADC)* supaya dapat di baca oleh mikrokontroler.

Hasil pembacaan dari *Sensor Load Cell* mempunyai rata-rata nilai *error* $\pm 3\%$ dari setiap perubahan beban yang di uji, dan *Signal conditioning* dapat menyaring *noise* yang dihasilkan dari sinyal keluaran sensor *load cell*.

Kata Kunci : *Universal Testing Machine (UTM)*, *Sensor load cell*, *Strain gauge*, *signal conditioning*, *Analog-to-Digital Converter (ADC)*

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

APPLICATION OF READERS TOOLS SENSOR LOAD CELL ON UNIVERSAL TESTING MACHINE (UTM)

Name : Rizan Zairosyi Fahmi
Advisor : Slamet Budiprayitno, ST., MT.

ABSTRACT

A metal has different characteristics over its physical, mechanical, thermal, and corrosive properties. One of the most important of these properties is the mechanical properties. The mechanical properties consist of violence, strength, and toughness. Mechanical properties is one of the reference to perform further process on a material, to know the mechanical properties in a metal must be tested to the metal. One of the test that is done is tensile test and compression test with Universal Testing Machine (UTM), in conducting test of tensile test and compression test there is a part that can know the characteristics of a metal by using Load Cell sensor.

The Load Cell sensor is a force transducer that works based on the principle of change of a material due to mechanical working stress. Load Cell sensors contain a very important part of strain gauge. The strain gauge produces a change in the resistance value proportional to the change in length or distance, thus causing a change in the voltage signal from the change in resistance in the Wheatstone bridge sequence. The signals generated in the Wheatstone bridge are usually very small and there is a lot of noise and therefore require a good signal conditioning range. Parts of signal conditioning circuit to be used are amplifier circuit, filter circuit and current limiting circuit. The result of signal conditioning requires Analog-to-Digital Converter (ADC) to be read by microcontroller.

The readings from the Load Cell sensor have an average error value of $\pm 3\%$ of each test load change, and Signal conditioning can filter out the noise generated from the Load Cell sensor output signal.

Keywords: *Universal Testing Machine (UTM), Load Cell sensor, Strain gauge, signal conditioning, Analog-to-Digital Converter (ADC)*

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyusun dan menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul:

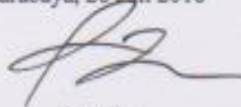
Penerapan Alat Pembaca *Sensor Load Cell* Pada *Universal Testing Machine (UTM)*

Penulis ingin berterima kasih kepada beberapa pihak yang telah membantu dalam penyusunan dan penyelesaian dari Tugas Akhir ini, diantaranya:

1. Kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan doa kepada penulis.
2. Bapak Slamet Budiprayitno, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing atas bantuan dan bimbingan hingga Tugas Akhir ini terselesaikan.
3. Anggota kelompok Tugas Akhir atas bantuan dan kerjasama yang telah diberikan.
4. Teman - teman di CV. Inc-Tech yang telah banyak memberi bantuan dan semangat serta dukungan pada penulis.
5. Teman - teman di Departemen Teknik Elektro Otomasi ITS, yang telah banyak memberi bantuan dan semangat serta dukungan pada penulis.

Harapan besar penulis bahwa buku Tugas Akhir ini dapat memberikan informasi dan manfaat bagi pembaca pada umumnya dan mahasiswa Departemen Teknik Elektro Otomasi ITS pada khususnya. Penulis juga mengharapkan kritik dan saran atas buku Tugas Akhir ini karena penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak terdapat kekurangan.

Surabaya, 26 Juli 2018



Penulis

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AHIR.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
ABSTRAK.....	ix
<i>ABSTRAC</i>	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Metodologi Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Laporan.....	4
1.7 Relevansi.....	5
BAB II TEORI DASAR	7
2.1 <i>Universal Testing Machine</i>	7
2.2 <i>Sensor Load Cell</i>	7
2.3 <i>Strain Gauge</i>	9
2.4 IC Penguat <i>Sensor Load Cell</i>	10
2.5 Rangkaian <i>Op-Amp</i>	11
2.6 Rangkaian <i>Filter</i>	11
2.7 Rangkaian <i>Zero and Span</i>	12
2.8 STM32F1	12
2.9 Komunikasi Serial.....	13
BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT	15
3.1 Blok Fungsional Sistem	15
3.2 Perancangan <i>Hardware</i>	15
3.2.1 Rangkaian Jembatan <i>Wheatstone</i> Sebagai Simulasi...	16
3.2.2 Perancangan Rangkain Penguat Sinyal	17
3.2.3 Perancangan Rangkain <i>Filter</i>	18
3.2.4 Perancangan Rangkain <i>Zero and Span</i>	18

3.2.5 Integrasi Semua Perangkat <i>Hardware</i> Dengan Mikrokontroler	20
3.2.6 Perancangan BOX	21
3.3 Perancangan <i>Software</i>	22
3.3.1 Pemrograman Mikrokontroler Menggunakan Arduino	22
3.3.2 Perancangan <i>Human Machine Interface</i> Menggunakan <i>Visual Basic</i>	23
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA	25
4.1 Pengujian Rangkaian Jembatan <i>Wheatstone</i> Dengan Rangkaian INA125P	25
4.2 Pengujian Rangkaian <i>Filter</i>	27
4.3 Pengujian Rangkaian INA 125P Dengan Sensor <i>Load Cell</i> Kapasitas 20 TON	29
4.4 Pengujian Rangkaian INA 125P Dengan Rangkaian <i>Zero and Span</i>	31
4.5 Pengujian Integrasi Semua Perangkat <i>Hardware</i> Ke Mikrokontroler Serta Pembacaan di <i>HMI Visual basic</i> Dengan Sensor <i>Load Cell</i> Kapasitas 100 TON	33
4.6 Pengujian Integrasi Semua Perangkat <i>Hardware</i> Ke Mikrokontroler Serta Pembacaan di <i>HMI Visual basic</i> Dengan Sensor <i>Load Cell</i> Kapasitas 20 TON	35
BAB V PENUTUP	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN A	45
A.1 <i>Listing</i> Program Pada Arduino	45
A.2 <i>Listing</i> Program Pada <i>Visual basic</i>	46
LAMPIRAN B	51
B.1 <i>DATASHEET</i> SENSOR <i>LOAD CELL</i> KAPASITAS 20 TON <i>TYPE</i> CLG - 200KNB	51
B.2 <i>DATASHEET</i> SENSOR <i>LOAD CELL</i> KAPASITAS 100 TON <i>TYPE</i> CLP – 1MNB	52
B.3 <i>DATASHEET</i> IC INA 125P	53

B.4 DATASHEET LM 741 OPERATIONAL AMPLIFIER.....	55
B.5 DATASHEET MIKROKONTROLER STM32F103C8T6	57
LAMPIRAN C.....	59
C.1. PENGUJIAN RANGKAIAN <i>LOW PASS FILTER</i>	59
C.2. PENGUJIAN RANGKAIAN INA 125P DENGAN SENSOR <i>LOAD CELL</i> 20 TON.....	61
C.3. PENGUJIAN INTEGRASI SEMUA PERANGKAT <i>HARDWARE</i> KE MIKROKONTROLER SERTA PEMBACAAN DI <i>HMI VISUAL BASIC</i> DENGAN SENSOR <i>LOAD CELL</i> KAPASITAS 20 TON.....	61
C.4. PENGUJIAN INTEGRASI SEMUA PERANGKAT <i>HARDWARE</i> KE MIKROKONTROLER SERTA PEMBACAAN DI <i>HMI VISUAL BASIC</i> DENGAN SENSOR <i>LOAD CELL</i> KAPASITAS 100 TON.....	62
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	63

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

DAFTAR GAMBAR

	HALAMAN
Gambar 2.1 Universal <i>Testing Machine</i>	7
Gambar 2.2 Sensor <i>Load Cell</i> CLG- 200KNB.....	8
Gambar 2.3 Spesifikasi Sensor <i>Load Cell</i> CLG- 200KNB	8
Gambar 2.4 Sensor <i>Load Cell</i> CLP – 1MNB	9
Gambar 2.5 Spesifikasi Sensor <i>Load Cell</i> CLP- MNB	9
Gambar 2.6 <i>Strain Gauge</i>	10
Gambar 2.7 IC INA 125P.....	10
Gambar 2.8 Rangkaian <i>Zero and Span</i>	12
Gambar 2.9 STM32F103C8T6	13
Gambar 3.1 Blok Fungsional Sistem.....	15
Gambar 3.2 Rangkaian Jembatan <i>Wheatstone</i>	16
Gambar 3.3 Rangkaian INA125P.....	17
Gambar 3.4 Rangkaian <i>Low Pass Filter</i>	18
Gambar 3.5 Rangkaian <i>Zero and Span</i>	19
Gambar 3.6 Rangkaian Integrasi Semua Perangkat <i>Hardware</i> ...	20
Gambar 3.7 Perancangan <i>Box</i>	21
Gambar 3.8 Perancangan <i>Box</i> Setelah di Realisasikan	21
Gambar 3.9 Listing Program Inisialisasi Void Setup	22
Gambar 3.10 Listing Program Inisialisasi Void Loop.....	23
Gambar 3.11 <i>HMI Visual basic</i>	24
Gambar 4.1 Pengujian Rangkaian Jembatan <i>Wheatstone</i> Dengan Rangkaian INA125P	25
Gambar 4.2 Pengujian Rangkaian <i>Low Pass Filter</i>	27
Gambar 4.3 Hasil Sinyal Pengujian Rangkaian <i>Low Pass Filter</i> dengan Frekuensi 20 Hz	27
Gambar 4.4 Hasil Sinyal Penguatan (AV) Rangkaian <i>Low Pass Filter</i>	29
Gambar 4.5 Rangkaian INA 125P Dengan Sensor <i>load cell</i> Kapasitas 20 TON	31
Gambar 4.6 Hasil Sinyal Pengukuran V out Dari INA 125P Pada Saat Tekanan 2TON	31
Gambar 4.7 Rangkaian INA 125P dengan Rangkaian <i>Zero and Span</i>	33
Gambar 4.8 Pengujian Rangkaian Integrasi Semua <i>Hardware</i> Ke Mikrokontroler dan Dilakukan Pembacaan Di Serial Monitor Dengan Sensor <i>Load Cell</i>	

Kapasitas 100 TON.	33
Gambar 4.9 Hasil Grafik Dari Rumus Liner Dengan Sensor <i>Load Cell</i> Kapasitas 100 TON.....	34
Gambar 4.10 Pengujian Rangkaian Integrasi Semua <i>Hardware</i> Ke Mikrokontroler dan Dilakukan Pembacaan di Serial Monitor Dengan Sensor <i>Load Cell</i> Kapasitas 20 TON..	37
Gambar 4.11 Hasil Grafik Dari Rumus Liner Dengan Kapasitas 20 TON	37
Gambar 4.12 Tampilan <i>HMI</i> Menggunakan <i>Visual basic</i>	39

DAFTAR TABEL

	HALAMAN
Tabel 3.1 Spesifikasi Rangkaian Jembatan <i>Wheatstone</i>	16
Tabel 3.2 Spesifikasi Rangkaian <i>Zero and Span</i>	19
Tabel 4.1 Pengujian Rangkaian Jembatan <i>Wheatstone</i> Dengan Rangkaian Ina125 Penguatan 10 Kali	26
Tabel 4.2 Pengujian Rangkaian Jembatan <i>Wheatstone</i> Dengan Rangkaian Ina125 Penguatan 1000 Kali.	26
Tabel 4.3 Pengujian Rangkaian <i>Low Pass Filter</i>	28
Tabel 4.4 Pengujian Rangkaian INA 125P Dengan <i>Sensor Load Cell</i> Kapasitas 20 Ton	30
Tabel 4.5 Pengujian Rangkaian Ina 125p Dengan Rangkaian <i>Zero and Span</i>	32
Tabel 4.6 Pengujian Pembacaan Vout INA 125P Ke Serial Monitor dengan sensor <i>Load Cell</i> kapasitas 100 TON	34
Tabel 4.7 Hasil Dari Rumus <i>Linear</i> Dengan Sensor <i>Load Cell</i> Kapasitas 100 TON	35
Tabel 4.8 Pengujian Pembacaan Vout INA 125P Ke Serial Monitor Dengan Sensor <i>Load Cell</i> Kapasitas 20 TON	36
Tabel 4.9 Hasil Dari Rumus <i>Linear</i> Dengan Sensor <i>Load Cell</i> Kapasitas 20 TON.	38

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Suatu logam mempunyai karakteristik yang berbeda atas sifat fisik, mekanik, *thermal*, dan korosif. Salah satu yang penting dari sifat tersebut adalah sifat mekanik. Sifat mekanik terdiri dari kekerasan, kekuatan, dan ketangguhan. Sifat mekanik merupakan salah satu acuan untuk melakukan proses selanjutnya terhadap suatu material, untuk mengetahui sifat mekanik pada suatu logam harus dilakukan pengujian terhadap logam tersebut (Zaenuri, 2008). Salah satu pengujian yang dilakukan yaitu *test* uji Tarik dengan *Universal Testing Machine (UTM)*, dalam melakukan *test* uji tarik terdapat suatu bagian yang dapat mengetahui karakteristik suatu logam dengan menggunakan sensor *load cell*.

Peningkatan kebutuhan pengukuran kekuatan logam untuk menahan beban baik dalam skala bangunan maupun pada skala laboratorium memerlukan suatu alat yang memadai dan lebih akurat. Pengukuran kekuatan logam meliputi pengukuran sebuah gaya, kuat lentur dan regangan logam. Pengukuran kelenturan bahan secara manual dapat menggunakan instrumen dial indikator yaitu sebatang logam dimana kedua ujung logam diklem dan kemudian diletakkan sejajar dengan beban yang diberikan pada batang logam (Halliday, 1997).

Ada beberapa sensor yang dapat mengindra besaran fisis seperti tekanan dan gaya yaitu Sensor *load cell (strain gauge)*. Sensor *strain gauge* bekerja berdasarkan perubahan tekanan yang mengakibatkan perubahan resistansi. Sensor *strain gauge* berbentuk foil logam atau kawat logam yang bersifat penghantar arus listrik yang ditempel pada benda yang akan diukur regangan dimana besar regangan berasal dari pembebanan (Fradden, 2003). Untuk meningkatkan sensitifitas dan mengubah perubahan resistansi dari sensor ke besaran tegangan yang akan diolah mikrokontroler, dapat digunakan prinsip jembatan *Wheatstone* untuk menghasilkan tegangan keluaran dengan mengetahui besar hambatan resistor yang digunakan (Ramang, 2010). Perancangan alat ukur akan digunakan dua buah sensor *strain gauge* yang diletakkan dipermukaan bahan yang akan diuji, dimana sensor ini akan mengindra perubahan yang terjadi pada bahan yang akan diuji regangannya.

Pada penelitian Suri (2003), sensor *strain gauge* digunakan sebanyak empat buah yang dipasang berdasarkan prinsip rangkaian jembatan

Wheatstone, penelitian ini hanya sebatas tampilan program atau PC dengan program Delphi yang dapat membandingkan nilai yang didapat dari alat ukur yang dibuat dengan nilai berat yang diukur dengan neraca, penelitian ini mengukur berat tetes zat cair menggunakan sensor *strain gauge* sebanyak empat buah sensor. Hal ini dikarenakan pertimbangan temperatur pada rangkaian jembatan *Wheatstone*, ketika keempat hambatan pada jembatan *Wheatstone* tidak sama maka akan terjadi perbedaan arus yang mengalir pada jembatan dan akan mengakibatkan tidak seimbangnnya temperatur pada tiap lengan jembatan dan penggunaan empat buah sensor ini juga bertujuan untuk meningkatkan kesensitifitasan pengukuran.

Sensor *load cell* sering digunakan pada *Universal Testing Machine (UTM)*, *UTM* merupakan mesin atau alat pengujian yang berfungsi untuk menguji ketahanan dan mengetahui karakteristik suatu benda. *Universal Testing Machine* ini dapat melakukan pengujian bahan atau material seperti logam, besi, dan beton. Dalam pengujian material tersebut bisa menggunakan uji tarik (*Tensile Test*) atau dengan uji tekan (*Compression Test*). Sensor *load cell* merupakan sebuah transducer gaya yang bekerja berdasarkan prinsip perubahan sebuah material akibat adanya tegangan mekanis yang bekerja. Sensor *load cell* terdapat suatu bagian yang sangat penting yaitu *strain gauge*. *Strain gauge* menghasilkan perubahan nilai tahanan yang proporsional dengan perubahan panjang atau jarak (*length*), sehingga menyebabkan perubahan sinyal tegangan dari perubahan resistansi dalam rangkaian jembatan *Wheatstone*. Sinyal yang dihasilkan dalam rangkaian jembatan *Wheatstone* biasanya sangat kecil dan terdapat banyak *noise* sehingga memerlukan *signal conditioning* yang baik. Bagian *signal conditioning* yang akan digunakan yaitu rangkaian penguat, rangkaian *filter* dan rangkaian pembatas arus. Hasil dari *signal conditioning* memerlukan *Analog-to-Digital Converter (ADC)* supaya dapat di baca oleh mikrokontroler.

1.2 Permasalahan

Permasalahan pada tugas akhir ini adalah Sinyal yang dihasilkan dari Sensor *load cell* sulit dibaca oleh *Analog-to-Digital Converter* mikrokontroler dikarenakan sinyal yang dikeluarkan oleh Sensor *load cell* sangat kecil yaitu dalam satuan mikro dan terdapat banyak *noise*.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam tugas akhir ini yaitu Sensor *load cell* yang digunakan mempunyai kapasitas 20 TON dan 100 TON. Mikrokontroler yang digunakan yaitu STM32F103C8T6. Rangkaian *signal*

conditioning yang digunakan sebagai menyaring *noise* dan memperkuat sinyal yang di hasilkan dari jembatan *Wheatstone*

1.4 Tujuan

Tujuan yang akan dicapai dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

- Membuat rangkaian *signal conditioning* yang mampu membaca sinyal keluaran dari sensor *load cell* tanpa terganggu oleh *noise*.
- Membuat Rangkaian *zero and span* yang dapat mengkonversi tegangan masukan dari -14 V sampai +14 V menjadi 0 V sampai 3,3 V supaya dapat dibaca oleh mikrokontroler STM32F103C8T6.

1.5 Metodologi Penelitian

Dalam pelaksanaan tugas akhir ini berupa pembuatan alat *signal conditioning* yang digunakan sebagai penguat dari pembacaan sensor *load cell* dan di teruskan ke mikrokontroler untuk di lakukan pembacaan pada komputer. Ada beberapa tahap yang perlu dipersiapkan yaitu sebagai berikut:

- **Pengamatan Permasalahan :**

Pada kegiatan ini penulis mendalami latar belakang permasalahan dan mengamati keadaan terkini terkait permasalahan pada pembacaan sensor *load cell* atau pengukuran uji tekan. Serta masalah – masalah teknis yang terjadi pada sensor *load cell* di *UTM*.

- **Studi Literatur**

Studi literatur merupakan tahap pencarian data dan literatur untuk mencari sumber-sumber yang relevan dan dapat dipercaya sehingga dapat memperkuat penulisan Tugas Akhir ini.. Literatur yang digunakan berasal dari jurnal, buku ilmiah, dan beberapa artikel dari internet. Materi mengenai spesifikasi dan perancangan sensor *load cell* yang ideal pada *UTM*, spesifikasi mikrokontroler untuk penerjemah data sensor, pembuatan program yang digunakan mikrokontroler.

- **Perancangan Alat dan Pembuatan Alat**

Pada tugas akhir ini membuat alat *signal conditioning* yang digunakan sebagai penguat dari pembacaan sensor *load cell* dan di teruskan ke mikrokontroler untuk di lakukan pembacaan pada komputer. Mikrokontroler yang di gunakan adalah mikrokontroler dengan *ADC* 16 bit supaya pengiriman datanya menjadi lebih cepat.

- **Pembuatan Program Mikrokontroler:**

Hasil dari sensor dapat diolah pada komputer perlu adanya penghubung antara komputer dengan mesin yaitu mikrokontroler yang dimana dalam pembuatannya perlu studi literatur baik dari perpustakaan maupun dari internet.

- **Pengujian Alat**

Setelah Pembuatan alat *signal conditioning* dan program pada mikrokontroler yang digunakan sebagai pembaca sensor *load cell* selesai maka akan dilakukan pengujian. Hal pertama yang diuji adalah pembacaan sensor *load cell* apakah sudah sesuai dengan pembacaan sensor *load cell* pada umumnya. Menguji pembacaan sensor *load cell* terjadi *noise* atau tidak, serta menguji pembacaan sensor *load cell* pada saat penerapan di mesin *UTM*.

- **Kesimpulan**

Setelah melakukan beberapa tahap dapat ditarik kesimpulan bahwa pembacaan sensor *load cell* di butuhkan alat *signal conditioning* yang sesuai supaya dapat di baca oleh mikrokontroler dan dilanjutkan pembacaan pada komputer .

- **Penyusunan Laporan Akhir**

Tahap terakhir yang perlu dilakukan adalah penyusunan laporan akhir yang bertujuan sebagai bukti tertulis bahwa pernah dilakukan penelitian mengenai hal ini.

1.6 Sistematika Laporan

Pembahasan Tugas Akhir ini akan dibagi menjadi lima bab dengan sistematika sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Membahas tentang latar belakang, permasalahan, tujuan, batasan masalah, sistematika penulisan serta relevansi yang digunakan dalam Tugas Akhir yang dibuat.

Bab II Teori Dasar

Menjelaskan dasar teori yang berisi tentang konsep yang dijadikan landasan dan mendukung dalam perencanaan serta pembuatan alat yang dibuat.

Bab III Perancangan Sistem Kontrol

Dalam bab ini membahas tentang perencanaan dan pembuatan perangkat keras (*Hardware*) yang terdiri atas rangkaian elektronika dan perangkat lunak (*software*) yang terdiri atas program yang akan digunakan untuk menjalankan alat tersebut.

Bab IV Pengujian dan Analisa

Membahas tentang pengujian alat dan analisa data yang didapat dalam pengujian alat.

Bab V Penutup

Berisi tentang kesimpulan alat dari Tugas Akhir ini dan saran-saran untuk pengembangan alat ini selanjutnya

1.7 Relevansi

Manfaat dari Tugas akhir ini dibuat untuk memudahkan pengambilan data tekanan pada mesin *UTM* supaya data yang diambil memiliki rata – rata nilai *error* $\pm 3\%$ dari setiap perubahan beban yang di uji.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB II

TEORI DASAR

2.1. *Universal Testing Machine*

Universal Testing Machine merupakan mesin atau alat pengujian yang berfungsi untuk menguji ketahanan dan mengetahui karakteristik suatu benda. *Universal Testing Machine* ini dapat melakukan pengujian bahan atau material seperti logam, besi, dan beton. Dalam pengujian material tersebut bisa menggunakan uji tarik (*Tensile Test*) atau dengan uji tekan (*Compression Test*).



Gambar 2.1 *Universal Testing Machine*

2.2. *Sensor Load Cell*

Sensor *load cell* adalah suatu alat *transducer* yang menghasilkan *output* yang proporsional dengan beban atau gaya yang diberikan. Sensor *load cell* dapat memberikan pengukuran akurat dari gaya dan beban. Sensor *load cell* mengkonversikan regangan pada logam ke tahanan variabel. Dalam penggunaan, sensor *load cell* mengkonversi berat menjadi sinyal listrik.

Sensor *load cell* umumnya berisi 4 buah *strain gauge* yang tersusun sebagai rangkaian jembatan *Wheatstone*. Gaya tekan yang dikenakan pada sensor *load cell* akan membuat keseimbangan 4 buah *strain gauge* tersebut terganggu. Dengan adanya tegangan eksitasi pada sensor *load cell*, maka keseimbangan jembatan *Wheatstone* yang disebabkan oleh gaya tekan pada sensor *load cell* akan diubah menjadi sinyal tegangan (Kusriyanto,

Saputra: 2016). Sensor *load cell* yang digunakan yaitu type CLG-200KNB dan CLP-1MNB



Gambar 2.2 Sensor *Load Cell* CLG- 200KNB
Sumber : *Datasheet Sensor Load Cell CLG- 200KNB*

Spesifikasi Sensor *load cell* CLG-200KNB

Type (CLG-)	10KNB	20KNB	50KNB	100KNB	200KNB
Capacity	10kN	20kN	50kN	100kN	200kN
Rated Output*	2mV/V \pm 0.5%				
Non-linearity	0.2%RO				
Hysteresis	0.2%RO				
Temperature Effect on Zero	0.01%RO/ $^{\circ}$ C(-10 to +60 $^{\circ}$ C)				
Temperature Effect on Span	0.005%/ $^{\circ}$ C(-10 to +60 $^{\circ}$ C)				
Temperature Range Allowable	-30 to +80 $^{\circ}$ C				
Over Load	150%				
Resistance	350 ohm \pm 1%				
Exciting Voltage Recommended	Less than 6V				
Exciting Voltage Allowable	15V				
Initial Unbalance	5%RO				
Electrical Connection	\varnothing 6mm 0.35mm ² 4-core Shielded Chloroprene Cable 5m		\varnothing 9mm 0.5mm ² 4-core Shielded Chloroprene Cable 5m		

Gambar 2.3 Spesifikasi Sensor *Load Cell* CLG- 200KNB
Sumber : *Datasheet Sensor Load Cell CLG- 200KNB*



Gambar 2.4 Sensor *Load Cell* CLP – 1MNB
 Sumber : *Datasheet Sensor Load Cell CLP – 1MNB*

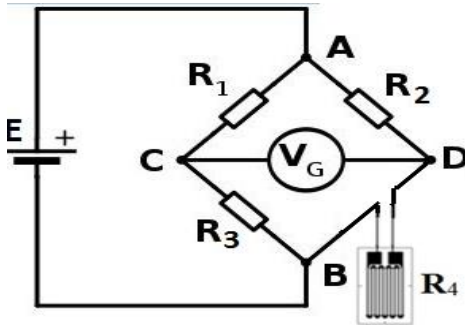
TYPE	CLP- 10KNB	CLP- 20KNB	CLP- 30KNB	CLP- 50KNB	CLP- 100KNB	CLP- 200KNB	CLP- 300KNB	CLP- 500KNB	CLP- 1MNB	CLP- 2MNB	CLP- 3MNB	CLP- 5MNB	CLP- 10MNB
Capacity	10kN	20kN	30kN	50kN	100kN	200kN	300kN	500kN	1MN	2MN	3MN	5MN	10MN
Rated Output	1.5mV/V (3000×10 ⁻⁶ strain) ±0.2%												
Non-linearity	0.1%RO											0.2%RO	
Hysteresis	0.1%RO												
Natural frequency	7.5kHz	9.2kHz	11kHz	14kHz	19kHz	16kHz	11kHz	13kHz	13kHz	7.0kHz	5.8kHz	4.5kHz	2.7kHz
Temperature effect on zero	0.01%RO/°C												
Temperature effect on span	0.005%/°C												
Compensated temperature range	-10 ~ +60°C												
Allowable temperature range	-20 ~ +70°C												
Over load	150%												
Input/Output resistance	350Ω±1%												
Recommended exciting voltage	10V or less												
Allowable exciting voltage	20V												
Zero balance	5%RO												
Weight	1.1kg	1.1kg	1.1kg	1.1kg	1.2kg	2.0kg	4.2kg	4.6kg	10kg	24kg	33kg	70kg	190kg

Gambar2.5 Spesifikasi Sensor *Load Cell* CLP- 1MNB
 Sumber : *Datasheet Sensor Load Cell CLP – 1MNB*

2.3. *Strain Gauge*

Strain Gauge adalah komponen elektronika yang dipakai untuk mengukur tekanan (deformasi atau *strain*). Alat ini berbentuk foil logam atau kawat logam yang bersifat insulatif (isolasi) yang ditempel pada benda yang akan diukur tekanannya, dan tekanan berasal dari pembebanan. Prinsipnya adalah jika tekanan pada benda berubah, maka foil atau kawat akan terdeformasi, dan tahanan listrik alat ini akan berubah. Perubahan tahanan listrik ini akan dimasukkan kedalam rangkaian jembatan *wheatstone* yang kemudian akan diketahui berapa besar tahanan pada strain gauge. Tegangan keluaran dari jembatan *Wheatstone* merupakan sebuah ukuran regangan yang terjadi akibat tekanan dari setiap elemen pengindera *strain gauge* (Joyosono, Susilo, Jeffry : 2011).

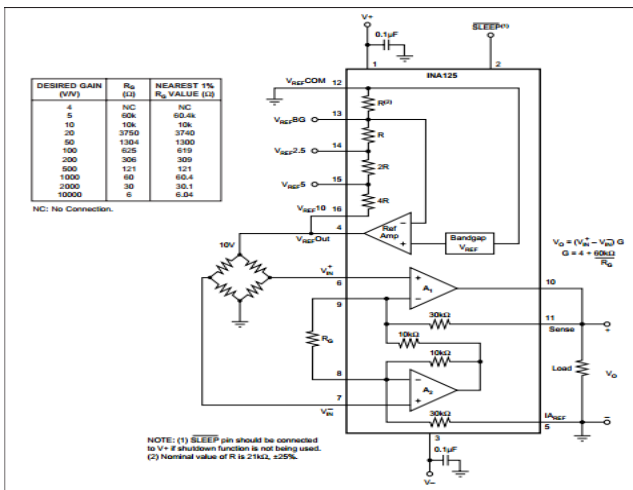
Perancangan dari strain gauge ke jembatan whetstone yang sering digunakan secara umum seperti gambar berikut.



Gambar 2.6 Strain Gauge
Sumber : Joyosono, Susilo, Jeffry.

2.4. IC Penguat Sensor *Load Cell*

Pada sensor *load cell* juga menggunakan IC tambahan yaitu IC INA125P, IC ini berfungsi sebagai penguat sinyal tegangan dari sensor *load cell*. Adapun gambar IC125P seperti berikut ini :



Gambar 2.7 IC INA 125P
Sumber : Datasheet IC INA125P

Penguatan pada IC INA125P ini didapatkan dengan perhitungan sebagai berikut :

Persamaan Perhitungan penguat sinyal tegangan pada IC INA125P

$$G = 4 + \frac{60K\Omega}{R_G} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

G = gain (penguatan)

R_G = resistansi G yang digunakan pada rangkaian

2.5. Rangkaian *Op-Amp*

Rangkaian *Operational Amplifier* atau di singkat rangkaian *Op-Amp* merupakan rangkaian yang menerima sinyal pada masukan (*input*) dan menghasilkan sinyal pada keluaran (*output*) yang berubah lebih besar amplitudonya.

Rangkaian *Op-Amp* yang sering digunakan secara umum yaitu memiliki 2 rangkaian *feedback* (umpan balik) yaitu *feedback negative (Inverting)* dan *feedback positif (Non Inverting)* dimana *Feedback negatif* pada *op-amp* memegang peranan penting. Secara umum, umpan balik positif akan menghasilkan osilasi sedangkan umpan balik negatif menghasilkan penguatan yang dapat terukur (Pujiono : 2012).

2.6. Rangkaian *Filter*

Rangkaian *Filter* adalah rangkaian yang berfungsi untuk melewatkan sinyal pada daerah frekuensi tertentu dan membuang sinyal pada daerah frekuensi lainnya. Rangkaian *filter* terdiri dari dua bagian yaitu rangkaian *filter* aktif dan rangkaian *filter* pasif. Rangkaian *filter* aktif terdiri dari *Op-Amp*, *Resistor (R)*, *Induktor (L)*, dan *Capasitor (C)*. Rangkaian *Filter Pasif* terdiri dari *Resistor (R)*, *Induktor (L)*, dan *Capasitor (C)*.

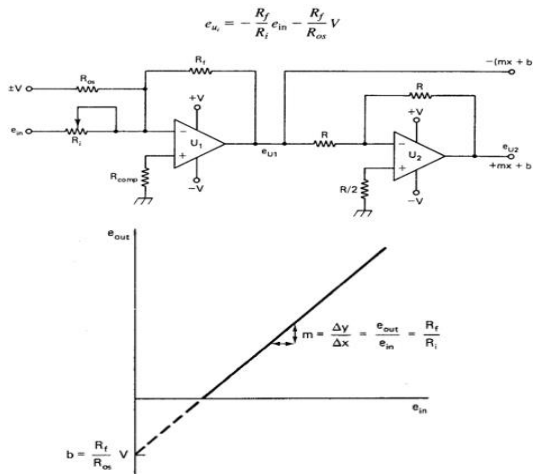
Rangkaian *filter* berdasarkan responya terdapat beberapa bagian yang umum untuk digunakan yaitu *Low Pass Filter*, *High Pass Filter*, dan *Band Pass Filter*. *Low pass filter* adalah sebuah rangkaian yang di rancang untuk menyaring frekuensi rendah. *High pass filter* adalah sebuah rangkaian yang di rancang untuk melewatkan frekuensi tinggi. *Band pass filter* adalah sebuah

rangkaian yang dirancang untuk melewatkan frekuensi dalam batasan tertentu dan menolak frekuensi lain diluar frekuensi yang dikehendaki.

Keuntungan menggunakan rangkaian *filter* aktif yaitu Penguatan dan frekuensinya mudah diatur, selama *op-amp* masih memberikan penguatan dan sinyal *input* tidak selalu seperti pada *filter* pasif. Pada dasarnya *filter* aktif lebih gampang diatur. Tidak ada masalah beban, karena tahanan *input* tinggi dan tahanan *output* rendah. *Filter* aktif tidak membebani sumber *input*. Harga, umumnya *filter* aktif lebih ekonomis dari pada *filter* pasif, karena pemilihan variasai dari *op-amp* yang murah dan tanpa induktor yang biasanya harganya mahal.

2.7. Rangkaian Zero and span

Rangkaian *zero and span* merupakan rangkaian untuk mengkonversi sinyal *linear* melalui rangkaian *zero and span* yang menghasilkan parameter tegangan yang diinginkan. Rangkaian *zero and span* yang digunakan secara umum yaitu rangkaian *inverting summer* yang terdapat pada gambar 2.5 .



Gambar 2.8 Rangkaian Zero and Span

Sumber : Jacob

2.8. STM32F1

STM32F103C8T6 adalah modul dari ST Electronic berbasis mikrokontroler arsitektur ARM 32bit dengan prosesor Cortex-M3. Untuk *Chip* STM32F103C8T6 mempunyai banyak fitur yang dapat digunakan,

seperti I/O, *Timer*, dan ADC. Kecepatan *clock* nya bisa mencapai kisaran 72Mhz, sehingga memungkinkan untuk mengerjakan perintah program yang cukup yang panjang dalam cukup singkat. Pada Gambar 2.1 merupakan fisik dari Board STM32F103C8T6:



Gambar 2.9 STM32F103C8T6

Sumber: <http://digipak.org/product/stm32f4-discovery-arm-cortex-m4-processor-kit-sku-197/>

2.9. Komunikasi Serial

Komunikasi serial ialah pengiriman data secara serial (data dikirim satu persatu secara berurutan), sehingga komunikasi serial lebih lambat daripada komunikasi paralel. Komunikasi yang terdapat pada mikrokontroler STM32F103C8T6 yaitu komunikasi USB, yang digunakan sebagai pengiriman program ke STM32F103C8T6 dan juga sebagai port komunikasi serial. Kecepatan pengiriman data pada umumnya menggunakan *baudrate* 9600.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

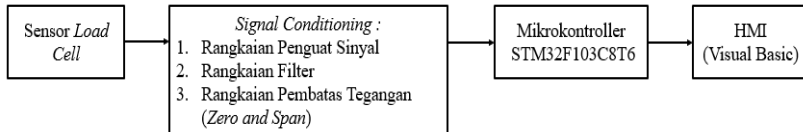
BAB III

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Pada bab ini akan dibahas mengenai perancangan dan pembuatan sistem Penerapan Alat Pembaca Sensor *Load Cell* Pada *Universal Testing Machine* yang meliputi, blok fungsional sistem yang akan menjelaskan proses kerja alat dalam bentuk alur diagram, perancangan elektrik yang membahas perancangan rangkaian elektrik sebagai rangkaian kontrol dan rangkaian pendukung alat, dan perancangan perangkat lunak (*software*) yang akan menjelaskan mengenai pembuatan program pembacaan Sensor *Load Cell* menggunakan pemrograman Arduino, kemudian di lanjutkan dengan pemrograman *visual basic* sebagai *Human Machine Interface (HMI)* dari pembacaan sensor *load cell*.

3.1 Blok Fungsional Sistem

Sebelum melakukan pembuatan sistem yang meliputi perangkat keras (*Hardware*) dan perangkat lunak (*software*), diperlukan sebuah perencanaan sistem berupa blok diagram yang dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Blok Fungsional Sistem

Dari Gambar 3.1 di atas merupakan gambaran kerja dari sistem secara keseluruhan. Dalam Tugas Akhir ini yang akan di kerjakan yaitu pembuatan *signal conditioning* yang digunakan untuk menghilangkan *noise* dan memperkuat sinyal yang di hasilkan dari sensor *load cell*, kemudian di baca oleh mikrokontroler dan dilanjutkan pengiriman data melalui serial dari mikrokontroler ke *Human Machine Interface (HMI)*.

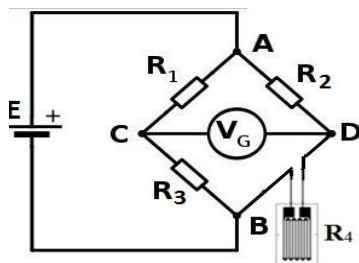
3.2 Perancangan *Hardware*

Pada bab perancangan *hardware* dibahas tentang rangkaian elektrik beserta komponen-komponen pendukungnya. Sehingga sistem Penerapan Alat Pembaca Sensor *Load Cell* Pada *Universal Testing Machine* berfungsi dengan baik dan benar. Pembahasan bab ini meliputi memahami Sensor *Load Cell* dengan membuat rangkaian jembatan wheat stone sebagai simulasi,

perancangan rangkaian penguat sinyal, perancangan rangkaian *filter*, perancangan rangkaian *zero and span*, integrasi semua perangkat *hardware* dengan mikrokontroler STM32F103C8T6.

3.2.1 Rangkaian Jembatan *Wheatstone* Sebagai Simulasi

Perancangan rangkaian jembatan *Wheatstone* ini digunakan untuk simulasi sebagai pengganti dari sensor *load cell*. Pada rangkaian ini mensimulasikan dengan mengubah R4 yang terdapat pada gambar 3.2 menggunakan potensiometer supaya nilai hambatannya dapat di ubah – ubah. Sensor *load cell* yang di gunakan pada tugas ahir yaitu sensor *load cell* yang mempunyai tekanan sebesar 20 TON dengan *type* CLG-200KNB dan tekanan sebesar 100 TON dengan *type* CLP-1MNB , sensor *load cell* ini terdapat di Teknik Sipil ITS di bagian Lab Beton. Adapun rangkaian jembatan *Wheatstone* yang digunakan sebagai simulasi yang ditunjukkan oleh Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Rangkaian Jembatan *Wheatstone*
Sumber : Joyosono, Susilo, Jeffry.

Tabel 3.1 Spesifikasi Rangkaian Jembatan *Wheatstone*

A	$V_s = 10\text{ V}$
B	GND
C	V+ (sebagai <i>output</i> tegangan positif)
D	V- (sebagai <i>output</i> tegangan negatif)

Rangkaian jembatan *Wheatstone* yang terdapat pada Gambar 3.2 yaitu terdapat R_z yang menggunakan komponen multitrn potentiometer yang berfungsi sebagai pegaturan beban yang di berikan pada jembatan

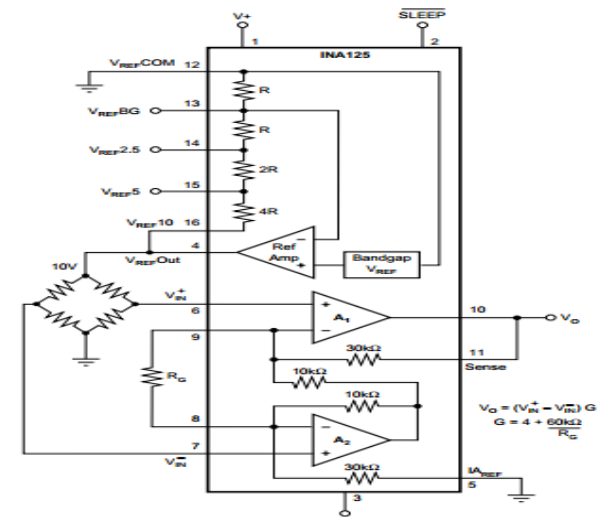
Wheatstone, tegangan yang akan di keluarkan oleh jembatan *Wheatstone* tersebut mempunyai rumus sebagai berikut :

$$V_o = \left(\frac{R_2}{R_2 + R_4} - \frac{R_1}{R_1 + R_3} \right) * V_s \dots\dots\dots(3.1)$$

Hasil data yang di peroleh dari uji coba rangkaian jembatan *Wheatstone* dengan rangkaian penguat sinyal terdapat pada Tabel 4.1.

3.2.2 Perancangan Rangkaian Penguat Sinyal

Perancangan rangkaian penguat sinyal di gunakan untuk memperkuat sinyal yang dihasilkan dari sensor *load cell*, rangkaian penguat sinyal yang akan di buat yaitu menggunakan IC INA125P, adapun rangkaian IC INA125P yang ditunjukkan oleh Gambar 3.3.

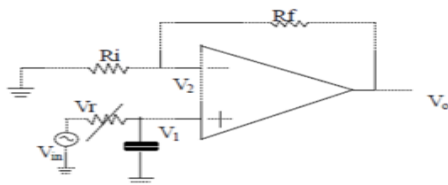


Gambar 3.3 Rangkaian INA125P
Sumber : Datasheet IC INA125P

Hasil data yang di peroleh dari uji coba rangkaian jembatan *Wheatstone* dan sensor *load cell* kapasitas tekanan 20 TON dengan rangkaian penguat sinyal terdapat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.4.

3.2.3 Perancangan Rangkaian *Filter*

Perancangan rangkaian *filter* di gunakan untuk menyaring *noise* sinyal yang dihasilkan dari sensor *load cell*, rangkaian *filter* yang akan di buat yaitu rangkaian *Low Pass Filter* (LPF) dengan frekuensi cut off 20 Hz, adapun rangkaian *Low Pass Filter* yang ditunjukkan oleh Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Rangkaian *Low Pass Filter*

Sumber : Pujiono

Rangkaian *Low Pass Filter* ini menggunakan capasitor 10uf, dan Vr sebesar 795Ohm, supaya frekuensi *cut off* yang di hasil yaitu 20Hz, perhitungan frekuensi *cut off* sebagai berikut :

$$f_l = \left(\frac{1}{2 * 3,14 * C * R} \right)$$

$$f_l = \left(\frac{1}{2 * 3,14 * 0,00001 * 795} \right)$$

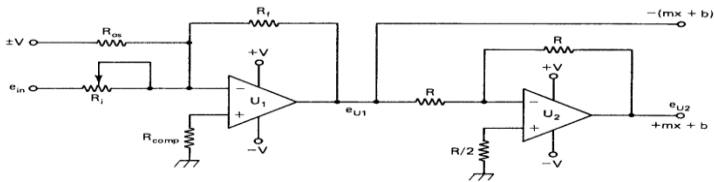
$$f_l = 20.02Hz$$

.....(3.2)

Hasil data uji coba rangkaian *filter* ini dengan *input* menggunakan *function generator* terdapat pada Tabel 4.3.

3.2.4 Perancangan Rangkain *Zero And Span*

Perancangan rangkaian *zero and span* di gunakan untuk mengkonversi sinyal tegangan yang di keluarkan dari rangkaian INA125P ke mikrokontroler. Rangkaian INA125P mengeluarkan tegangan minimum -14 Volt dan tegangan maksimum +14 Volt, sedangkan tegangan yang dibaca oleh mikrokontroler STM32F103C8T6 yaitu 0-3,3 Volt. Supaya dapat terbaca dan tidak terjadi kerusakan pada mikrokontroler maka di butuhkan rangkaian *zero and span*. Adapun rangkaian *zero and span* yang ditunjukkan oleh Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Rangkaian *Zero and Span*
Sumber : Jacob

Tabel 3.2 Spesifikasi Rangkaian *Zero and Span*

RF	10K OHM
RI	85.47K OHM
Rcomp	8.15K OHM
ROS	91.57K OHM

Untuk menentukan *resistor* yang akan digunakan dalam pembuatan rangkaian *zero and span* tersebut terdapat perhitungan sebagai berikut :

Diketahui :

Vin maksimum : +14V

Vin minimum : -14V

Vout minimum : 0 V

Vout Maksimum : 3.3 V

Cara perhitungan :

$$Y = mx + b \quad \dots\dots\dots(3.3)$$

Untuk mencari m:

$$m = \left(\frac{V_{o\max} - V_{o\min}}{V_{in\max} - V_{in\min}} \right)$$

$$m = \left(\frac{3.3 - 0}{14 - (-14)} \right)$$

$$m = 0.117 \quad \dots\dots\dots(3.4)$$

Untuk mencari b:

$$b = V_{out\min} - m * V_{in\min}$$

$$b = 0 - 0.117 * -14$$

$$b = 1.638 \quad \dots\dots\dots(3.5)$$

Menentukan R_F sebesar $10K\Omega$

Untuk mencari R_I :

$$R_I = \frac{R_F}{m} = \frac{10K\Omega}{0.117} = 85.47K\Omega \quad \dots\dots\dots(3.6)$$

Untuk mencari R_{OS} dan menetap $V_{sup} +15V$:

$$R_{OS} = \frac{R_F + V_{sup}}{b} = \frac{10K\Omega + 15}{1.638} = 91.57K\Omega \quad \dots\dots\dots(3.8)$$

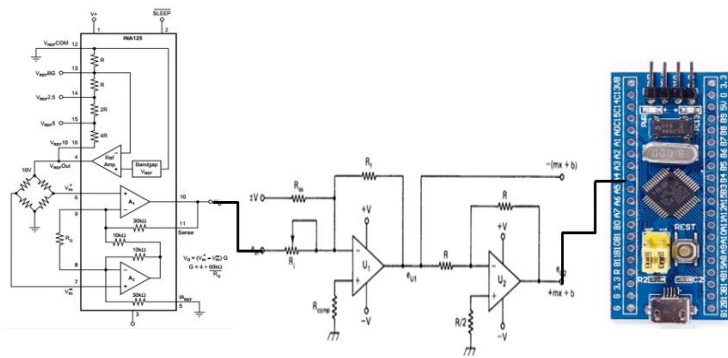
Untuk mencari R_{comp} :

$$R_{comp} = R_F // R_I // R_{OS} = 8.15K\Omega \quad \dots\dots\dots(3.9)$$

Hasil data uji coba rangkaian *zero and span* ini dengan *input* dari rangkaian INA125p terdapat pada Tabel 4.5.

3.2.5 Integrasi Semua Perangkat *Hardware* Dengan Mikrokontroler

Setelah di lakukan perancangan rangkaian dan uji coba, rangkaian *low pass filter* tidak perlu digunakan, karena sinyal sensor *load cell* yang masuk ke rangkaian INA125P menghasilkan keluaran sinyal yang cukup baik, sehingga rangkaian yang akan digunakan pada sistem Penerapan Alat Pembaca Sensor *Load Cell* Pada *Universal Testing Machine* ini meliputi rangkaian INA 125P, dan Rangkaian *zero and span* yang kemudian di teruskan ke mikrokontroler STM32F103C8T6 untuk di lakukan pembacaan pada *HMI visual basic*. Adapun rangkaian semua perangkat *hardware* dengan mikrokontroler yang ditunjukkan oleh Gambar 3.6.

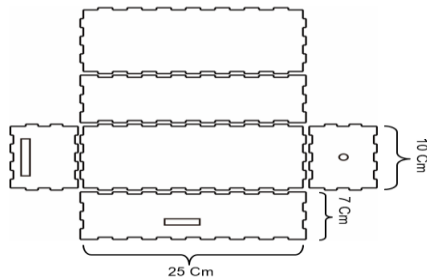


Gambar 3.6 Rangkaian Integrasi Semua Perangkat *Hardware*

3.2.6 Perancangan Box

Pada perancangan *box* ini digunakan sebagai tempat penyimpanan rangkaian integrasi semua perangkat *hardware*, supaya komponen dan mikrokontroler yang berada di dalam *box* terlindungi dari gangguan yang menyebabkan kerusakan. Adapun perancangan *box*, ditunjukkan oleh Gambar 3.7 dan Gambar 3.8. Berikut spesifikasi *box* yang di gunakan :

1. Panjang *box* = 25 cm
2. Lebar *box* = 10 cm
3. Tinggi *box* = 7 cm
4. *Box* terbuat dari bahan *acrylic* dengan ketebalan 3mm
5. Terdapat lubang di bagian sisi samping *box* berbentuk kotak dengan ukuran 3 cm *1 cm sebagai *input* dari sensor *load cell*.
6. Terdapat lubang di bagian sisi depan *box* berbentuk kotak dengan ukuran 6 cm *1 cm sebagai penggunaan mikrokontroler.



Gambar 3.7 Perancangan *BOX*



Gambar 3.8 Perancangan *BOX* Setelah di Realisasikan

3.3 Perancangan Software

Pada bab perancangan *software* dibahas tentang pemrograman untuk membaca hasil yang di keluarkan oleh mikrokontroler. Sehingga sistem Penerapan Alat Pembaca Sensor *Load Cell* Pada *Universal Testing Machine* dapat di tampilkan pada *Human Machine Interface* menggunakan *visual basic*. Pembahasan bab ini meliputi Pemrograman mikrokontroler STM32F103C8T6 menggunakan Arduino, dan Perancangan *Human Machine Interface* menggunakan *visual basic*.

3.3.1 Pemrograman Mikrokontroler Menggunakan Arduino

Pemrograman mikrokontroler menggunakan Arduino ini digunakan untuk memprogram mikrokontroler STM32F103C8T6 supaya dapat membaca sinyal analog, kemudian di rubah menjadi sinyal digital dan di kirimkan melalui komunikasi serial. Dalam pemrograman mikrokontroler STM32F103C8T6 digunakan juga sebagai konversi dari data sinyal *analog digital converter* menjadi data dengan satuan TON, dengan cara memasukan rumus *linearitas* yang di dihasilkan dari data uji coba.

Pemrograman mikrokontroler yang dilakukan pertama kali yaitu pengenalan tipe data, pengenalan pin A4 yang mendapatkan sinyal analog, dan pengenalan pengiriman komunikasi serial dengan *baud rate* 9600. Adapun program pengenalan tersebut yang tertera pada Gambar 3.9 dan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran A.1.

```
Float nilai;  
int sensor1;  
  
double readings[50];  
int urut=0;  
double total =0;  
double average = 0;  
  
byte data;  
// the setup function runs once when you press reset or power the board  
void(* resetFunc) (void) = 0;  
  
void setup()  
{  
  pinMode(A4, INPUT);  
  Serial.begin(9600);  
  
  for (int i=0;i<50;i++)  
  {  
    readings[i]=0;  
  }  
}
```

Gambar 3.9 Listing Program Inisialisasi Void Setup

Pemrograman selanjutnya yaitu program perulangan yang akan dikirimkan melalui komunikasi serial secara berulang – ulang, dan memasukkan rumus *linearitas* untuk menjadi satuan TON yang di hasilkan pada saat uji coba pertama kali dengan sensor *load cell* kapasitas 20 TON di Teknik Sipil ITS di bagian Lab Beton. Pada pemrograman ini untuk mengirimkan data secara serial menggunakan *case 97*, yang berarti mengirimkan huruf “a” pada serial monitor sebagai mulainya pembacaan data yang di kirimkan ke serial monitor atau ke *Human Machine Interface* menggunakan *visual basic*. Pemrograman *stop* menggunakan *case 98*, yang yang berarti mengirimkan huruf “b” pada serial monitor sebagai pemberhentian pembacaan data yang dikirimkan ke ke serial monitor atau ke *Human Machine Interface* menggunakan *visual basic*. Adapun program tersebut yang berada di bagaian program perulangan yang tertera pada Gambar 3.10 dan selengkapanya dapat dilihat pada lampiran A.1.

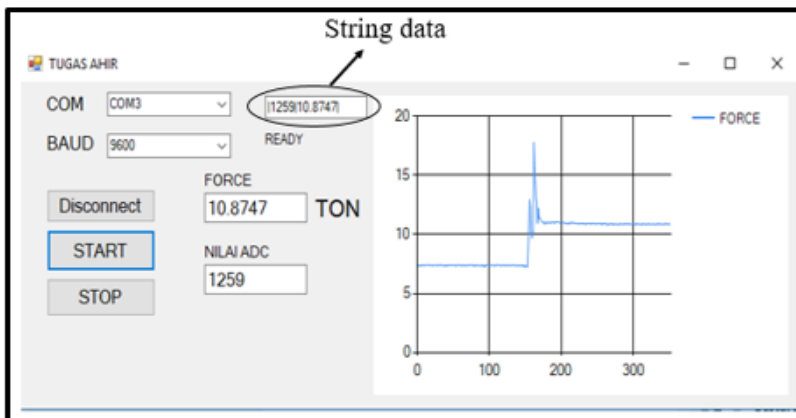
```
void loop() {
    total=total-readings[urut];
    int sensor1= analogRead(A4);
    readings[urut] = ((-8.3065*sensor1) + 16035);
    total = total + readings[urut];
    urut++;
    if (urut>=50)
    {
        urut=0;
    }
    average = total/50.0;
    if (Serial.available() > 0)
    {
        data = Serial.read();
    }
    switch (data) {
        // while(1){
        case 97:
            Serial.print("|");
            Serial.print(sensor1);
            Serial.print("|");
            Serial.print(average);
            Serial.println("|");
            break;
        case 98:
            nvic_sys_reset();
            break;
    }
    delay(1);
}
```

Gambar 3.10 Listing Program Inisialisasi Void Loop

3.3.2 Perancangan *Human Machine Interface* Menggunakan *Visual Basic*

Pemrograman *Human Machine Interface* menggunakan *visual basic* pada Penerapan Alat Pembaca Sensor *Load Cell* Pada *Universal Testing Machine* ini digunakan untuk mempermudah pengguna (*user*) dalam

melakukan pembacaan tekanan (*force*) yang dihasilkan dari *Universal Testing Machine*. Adapun tampilan *Human Machine Interface* Penerapan Alat Pembaca Sensor *Load Cell* Pada *Universal Testing Machine* yang di tunjukkan pada pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 HMI Visual basic

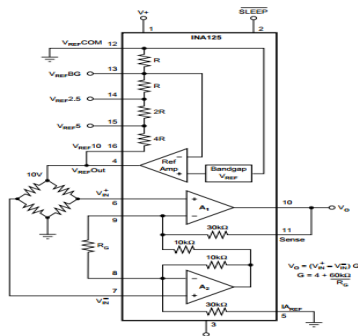
Pada tampilan *Human Machine Interface* yang terdapat di gambar 3.11 ini terdapat bagian *list box* com yang digunakan untuk memilih com yang tersambung dengan mikrokontroler. *List box* baud (*Baudrate*) yang digunakan untuk memilih baudrate yang di gunakan oleh mikrokontroler , baudrate yang digunakan untuk mikrokontroler ke *Human Machine Interface* yaitu 9600. *push button disconnect* digunakan untuk menyambungkan atau tidak menyambungkan *Human Machine Interface* dengan mikrokontroler. *Push button start* digunakan untuk melakukan pembacaan data yang dikirimkan dari mikrokontroler ke *Human Machine Interface*, namun untuk menyelesaikan pembacaan menggunakan *push button stop*. *String data* digunakan untuk penampungan data yang dikirimkan oleh mikrokontroler ke *Human Machine Interface* kemudian dilakukan pemisahan data yang akan masukkan ke *text box force*, dan *text box* nilai ADC. *Text box force* digunakan untuk mengetahui tekanan yang di hasilkan dari sensor *load cell*, dan ditampilkan juga dalam bentuk grafik, namun untuk penampilan grafiknya menggunakan parameter *force* terhadap waktu. *Text box* nilai ADC digunakan untuk mengetahui nilai yang dikirimkan sebelum di konversi menjadi *force* .

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA

Setelah tahap perancangan Sistem Penerapan Alat Pembaca Sensor *Load Cell* Pada *Universal Testing Machine* selesai, berikutnya akan dilakukan pengujian dan analisa untuk mengetahui kinerja rankaian yang telah dirancang. Pengujian dilakukan secara terpisah, yaitu pengujian rangkaian jembatan *Wheatstone* sebagai simulasi dengan rangkaian INA 125P, pengujian rangkaian *filter*, pengujian rangkaian INA 125P dengan sensor *load cell* kapasitas 20 TON, pengujian rangkaian INA 125P dengan rangkaian *zero and span*, pengujian integrasi semua perangkat *hardware* dengan mikrokontroler serta pembacaan dengan *HMI visual basic*. Dari pengujian ini akan dilihat apakah data yang dihasilkan sesuai dengan data yang sudah ada.

4.1. Pengujian Rangkaian Jembatan *Wheatstone* Dengan Rangkaian INA125P

Tujuan dari pengujian Rangkaian jembatan *wheatstone* dengan Rangkaian INA125P adalah untuk mengetahui apakah tegangan yang di hasilkan dari rangkaian jembatan *wheatstone* ketika di dimasukkan ke rangkaian INA125P menghasilkan penguatan tegangan yang di inginkan. Contoh pengambilan data Rangkaian jembatan *wheatstone* dengan Rangkaian INA125P ditunjukkan oleh Gambar 4.1. Pada pengujian ini diambil data penguatan 10 kali sebanyak 11 data seperti pada Tabel 4.1 dan penguatan 1000 kali sebanyak 4 data seperti pada Tabel 4.2.



Gambar 4.1 Pengujian Rangkaian Jembatan *Wheatstone* Dengan Rangkaian INA125P

Sumber : Datasheet IC INA125P

Tabel 4.1 Pengujian Rangkaian Jembatan *Wheatstone* Dengan Rangkaian INA125 Penguatan 10 Kali.

No	Rz (Ohm)	RG (Ohm)	Vin jembatan wheat-stone (V)	Vo (INA 125) (V)	AV	Rata – Rata
1	99.5	10K	-0.0041	-0.0419	10.21951	9.948069
2	85.9	10K	0.0549	0.545	9.92714	
3	79.2	10K	0.0841	0.832	9.892985	
4	64.3	10K	0.1571	1.558	9.91725	
5	56.6	10K	0.1967	1.944	9.883071	
6	44.7	10K	0.264	2.616	9.909091	
7	38.4	10K	0.298	2.952	9.90604	
8	26.4	10K	0.3785	3.76	9.93395	
9	15.3	10K	0.446	4.44	9.955157	
10	7.6	10K	0.501	4.98	9.94012	
11	1.9	10K	0.54	5.37	9.944444	

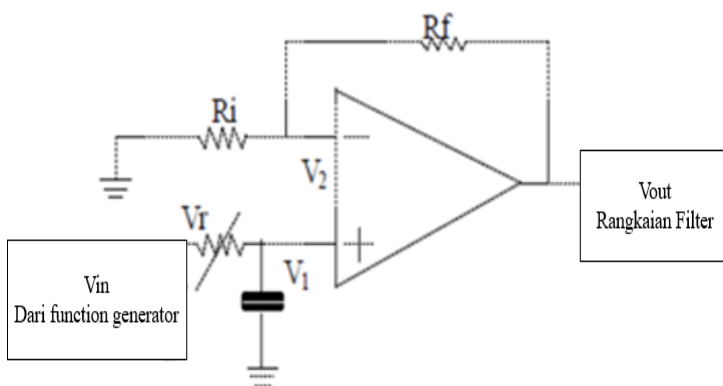
Tabel 4.2 Pengujian Rangkaian Jembatan *Wheatstone* Dengan Rangkaian INA125 Penguatan 1000 Kali.

No	Rz (Ohm)	RG (Ohm)	Vin jembatan wheat-stone (V)	Vo(INA 125) (V)	AV	Rata – Rata
1	98.2	60	0.0031	3.14	1012.903	1029.322
2	98.4	60	0.0012	1.24	1033.333	
3	98.5	60	0.001	1.05	1050	
4	99.7	60	-0.0019	-1.94	1021.053	

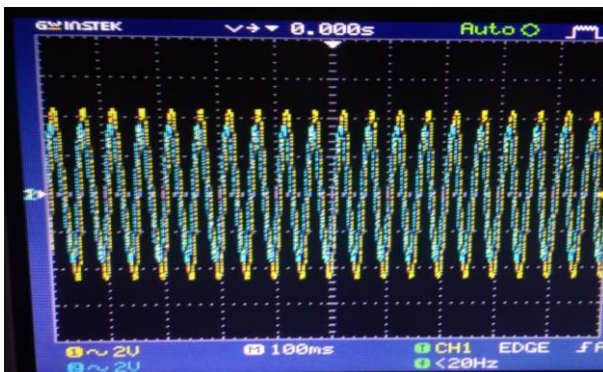
Dari Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa hasil antara masukan dari Vin jembatan *wheatstone* ke rangkaian INA 125P mempunyai tegangan keluaran yang sesuai dengan permintaan penguatan yang diinginkan.

4.2. Pengujian Rangkaian Filter

Tujuan dari pengujian rangkaian *low pass filter* dengan *function generator* adalah untuk mengetahui apakah sinyal yang dihasilkan sesuai dengan perhitungan dan sinyal yang dihasilkan tidak terdapat *noise*, sinyal yang di keluarkan oleh rangkaian *filter* di ukur menggunakan *oscilloscope*. Contoh pengambilan data rangkaian *low pass filter* dengan *function generator* ditunjukkan oleh Gambar 4.2. Contoh Hasil sinyal yang di ukur menggunakan *oscilloscope* ditunjukkan oleh Gambar 4.3. Pada pengujian ini diambil data sebanyak 27 data seperti pada Tabel 4.1.



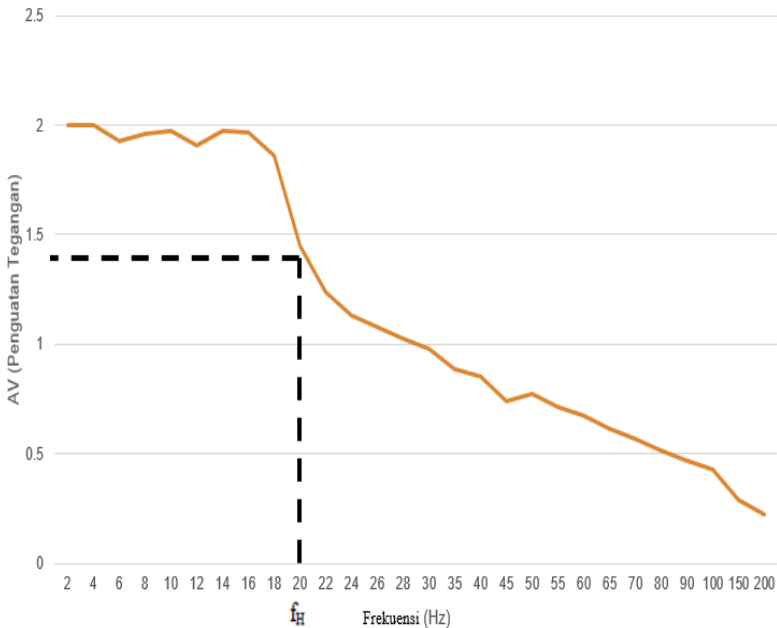
Gambar 4.2 Pengujian Rangkaian *Low Pass Filter*



Gambar 4.3 Hasil Sinyal Pengujian Rangkaian *Low Pass Filter* dengan Frekuensi 20 Hz

Tabel 4.3 Pengujian Rangkaian *Low Pass Filter*.

NO	Vin (V)	Vout (V)	Frekuensi (Hz)	AV (Penguat V)
1	3.68	7.36	2	2
2	5.4	10.8	4	2
3	6.18	11.9	6	1.925566
4	6.18	12.1	8	1.957929
5	6.18	12.2	10	1.97411
6	6.18	11.8	12	1.909385
7	6.18	12.2	14	1.97411
8	6.18	12.15	16	1.966019
9	6.18	11.5	18	1.860841
10	6.18	8.96	20	1.449838
11	6.18	7.64	22	1.236246
12	6.18	7	24	1.132686
13	6.18	6.68	26	1.080906
14	6.18	6.36	28	1.029126
15	6.18	6.04	30	0.977346
16	6.18	5.48	35	0.886731
17	6.18	5.28	40	0.854369
18	6.18	4.57	45	0.739482
19	6.18	4.8	50	0.776699
20	6.18	4.4	55	0.711974
21	6.18	4.16	60	0.673139
22	6.18	3.8	65	0.614887
23	6.18	3.5	70	0.566343
24	6.18	3.2	80	0.517799
25	6.18	2.88	90	0.466019
26	6.18	2.64	100	0.427184
27	6.18	1.8	150	0.291262



Gambar 4.4 Hasil Sinyal Penguatan (AV) Rangkaian *Low Pass Filter*.

Dari Tabel 4.3 dan Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa hasil sinyal yang di keluarkan dari rangkaian *filter* tersebut tidak terdapat *noise*, akan tetapi penguatan yang di hasilkan dari uji coba tersebut tidak teratur.

4.3. Pengujian Rangkaian INA 125P Dengan Sensor *Load Cell* Kapasitas 20 TON

Tujuan dari pengujian rangkaian INA 125P dengan sensor *load cell* kapasitas 20 TON adalah untuk mengetahui sinyal *noise* yang dihasilkan dari keluaran rangkaian INA125P, dan untuk mengetahui penguatan tegangan yang dikeluarkan dari rangkaian INA125P, dalam uji coba ini penguatan yang digunakan yaitu 1000 kali dengan cara mengatur RG sebesar 60 Ohm. Contoh pengambilan data rangkaian INA 125P dengan sensor *load cell* kapasitas 20 TON ditunjukkan oleh Gambar 4.5. Contoh Hasil sinyal yang di ukur menggunakan *oscilloscope* ditunjukkan oleh Gambar 4.6. Pada pengujian ini diambil data sebanyak 20 data dengan pengukuran menggunakan *avometer* digital seperti pada Tabel 4.4.

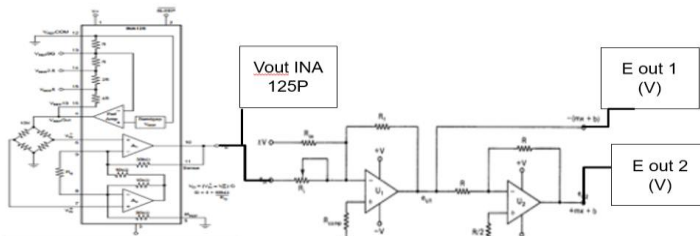
Tabel 4.4 Pengujian Rangkaian INA 125P Dengan Sensor *Load Cell*
Kapasitas 20 TON.

NO	TON	V in Sensor (mV)	Vout INA125 (V)
1	0.475	-	0.12
2	1	-	-0.1
3	2	-0.5	-0.67
4	3	-1.2	-1.2
5	4	-1.7	-1.75
6	5	-2.2	-2.25
7	6	-2.7	-2.78
8	7	-3.3	-3.35
9	8	-3.8	-3.9
10	9	-4.3	-4.4
11	10	-4.9	-4.9
12	11	-5.4	-5.5
13	12	-6	-6.1
14	13	-6.6	-6.6
15	14	-7.1	-7.1
16	15	-7.5	-7.55
17	16	-8.1	-8.18
18	17	-8.7	-8.68
19	18.1	-9.2	-9.25
20	19.1	-9.7	-9.62

Gambar 4.7. Pada pengujian ini diambil data sebanyak 26 data dengan pengukuran menggunakan *avometer digital* seperti pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Pengujian Rangkaian INA 125P dengan Rangkaian *Zero and Span*

NO	Vo INA 125 (V)	E out 1 (V)	E out 2 (V)
1	-13.86	0	0
2	-13.57	-0.03	0.03
3	-13.75	-0.01	0.01
4	-13.2	-0.07	0.07
5	-12.42	-0.16	0.16
6	-11.92	-0.22	0.22
7	-10.81	-0.35	0.35
8	-10.56	-0.38	0.38
9	-9.16	-0.55	0.55
10	-8.78	-0.59	0.59
11	-7.16	-0.78	0.78
12	-6.81	-0.81	0.81
13	-5.42	-0.98	0.98
14	-2.33	-1.35	1.35
15	-0.53	-1.5	1.5
16	1.11	-1.77	1.77
17	2.4	-1.91	1.91
18	7.9	-2.57	2.57
19	8.15	-2.59	2.59
20	10.63	-2.88	2.88
21	11.86	-3.03	3.03
22	12.3	-3.08	3.08
23	12.41	-3.09	3.09
24	13.32	-3.2	3.2
25	13.43	-3.22	3.22
26	14.17	-3.3	3.3



Gambar 4.7 Rangkaian INA 125P Dengan Rangkaian *Zero And Span*

Dari Tabel 4.5 dapat dilihat bahwa hasil tegangan yang di keluarkan dari rangkaian *zero and span* berfungsi dengan baik yaitu dengan mengeluarkan tegangan 0 Volt sampai 3.3 Volt.

4.5. Pengujian Integrasi Semua Perangkat *Hardware* Ke Mikrokontroler Serta Pembacaan di *HMI Visual basic* Dengan Sensor *Load Cell* Kapasitas 100 TON

Tujuan dari pengujian integrasi semua perangkat *hardware* dengan mikrokontroler serta pembacaan dengan *HMI visual basic* merupakan tahap terakhir dalam pembuatan sistem Penerapan Alat Pembaca Sensor *Load Cell* 100 TON Pada *Universal Testing Machine*. Pengujian yang dilakukan pada bab ini untuk mengetahui nilai *analog digital converter* yang di dihasilkan oleh pembacaan mikrokontroler dengan integrasi semua perangkat *hardware*. Pengujian 100 TON ini harus mengatur 10.000 kali penguatan pada rangkaian INA 125P dengan cara mengubah RG menjadi 6 Ohm. Adapun Contoh pengambilan data *analog digital converter* di serial monitor yang di tunjukkan oleh Gambar 4.8. Pada pengujian ini diambil data sebanyak 11 data dengan pembacaan di serial monitor seperti pada Tabel 4.6.

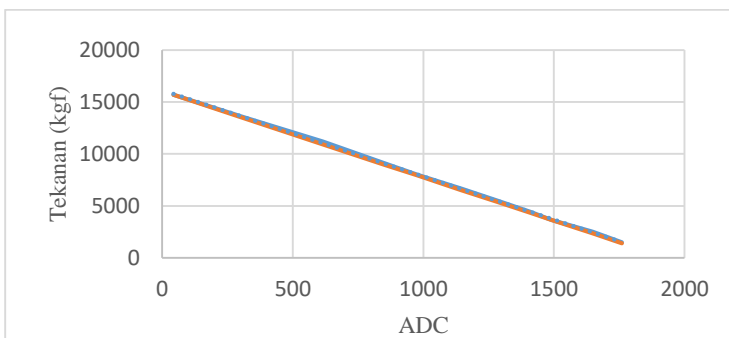


Gambar 4.8 Pengujian Rangkaian Integrasi Semua *Hardware* ke Mikrokontroler dan Dilakukan Pembacaan di Serial Monitor Dengan Sensor *Load Cell* Kapasitas 100 TON.

Tabel 4.6 Pengujian Pembacaan Vout INA 125P Ke Serial Monitor Dengan Sensor *Load Cell* Kapasitas 100 TON

NO	ADC	Tekanan (kgf)
1	1760	1479
2	1648	2498
3	1490	3645
4	1411	4410
5	1280	5532
6	1145	6654
7	977	7979
8	848	9126
9	615	11191
10	308	13562
11	43	15677

Dari Tabel 4.6 di dapatkan hasil *analog digital converter* yang selanjutnya di gunakan untuk mengkonversi pembacaan *analog digital converter* menjadi satuan TON dengan cara mencari rumus *linear* meggunakan cara yang ada *microsoft excel*, sehingga di dapatkan rumus *linear* $y = -8.3065x + 16035$. Adapun hasil yang diperoleh dari rumus *linear*, yang di tujukan pada Gambar 4.9 dan pada tabel 4.7.



Gambar 4.9 Hasil Grafik Dari Rumus Linier Dengan Sensor *Load Cell* kapasitas 100 TON.

Tabel 4.7 Hasil Dari Rumus *Linear* Dengan Sensor *Load Cell* Kapasitas 100 TON.

NO	ADC	kgf	Rumus <i>Linearitas</i> $y = -8.3065x + 16035$	Error %	Rata - Rata Error %
1	1760	1479	1415.56	4.289385	1.970929632
2	1648	2498	2345.888	6.089351	
3	1490	3645	3658.315	-0.36529	
4	1411	4410	4314.5285	2.164887	
5	1280	5532	5402.68	2.337672	
6	1145	6654	6524.0575	1.952848	
7	977	7979	7919.5495	0.745087	
8	848	9126	8991.088	1.478326	
9	615	11191	10926.5025	2.363484	
10	308	13562	13476.598	0.629715	
11	43	15677	15677.8205	-0.00523	

Pada pengujian rumus *linear* dihitung presentase *error* dari kgf dan rumus *linear* yang digunakan sebagai konversi untuk menjadi satuan kgf. Rumus prosentase *error* yaitu

$$\%error = \left| \frac{kgf - Rumus\ Linear}{kgf} \right| \times 100\% \dots\dots\dots(4.1)$$

Dari Tabel 4.7 ternyata masih ada nilai *error* yang di hasilkan dari rumus *linear* yang digunakan sebagai konversi untuk menjadi satuan TON tersebut. Kemudian rumus tersebut di masukkan pada *software* Arduino dan di lanjutkan pada *HMI visual basic*.

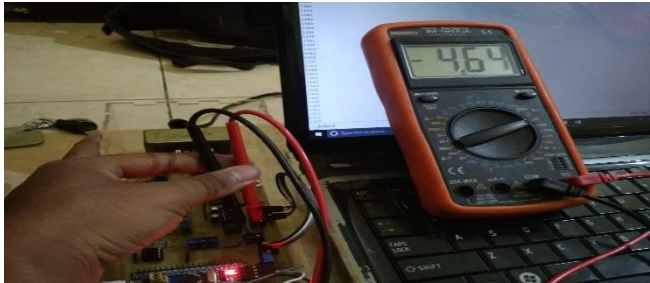
4.6. Pengujian Integrasi Semua Perangkat *Hardware* Ke Mikrokontroler Serta Pembacaan di *HMI Visual basic* Dengan Sensor *Load Cell* Kapasitas 20 TON

Tujuan dari pengujian integrasi semua perangkat *hardware* dengan mikrokontroler serta pembacaan dengan *HMI visual basic* merupakan tahap terakhir dalam pembuatan sistem Penerapan Alat Pembaca Senor *Load Cell* 20 TON Pada *Universal Testing Machine*. Pengujian yang dilakukan pada bab

ini untuk mengetahui nilai *analog digital converter* yang di hasilkan oleh pembacaan mikrokontroler dengan integrasi semua perangkat *Hardware*. Adapun Contoh pengambilan data *analog digital converter* di serial monitor yang di tunjukkan oleh Gambar 4.10. Pada pengujian ini diambil data sebanyak 26 data dengan pembacaan di serial monitor seperti pada Tabel 4.8.

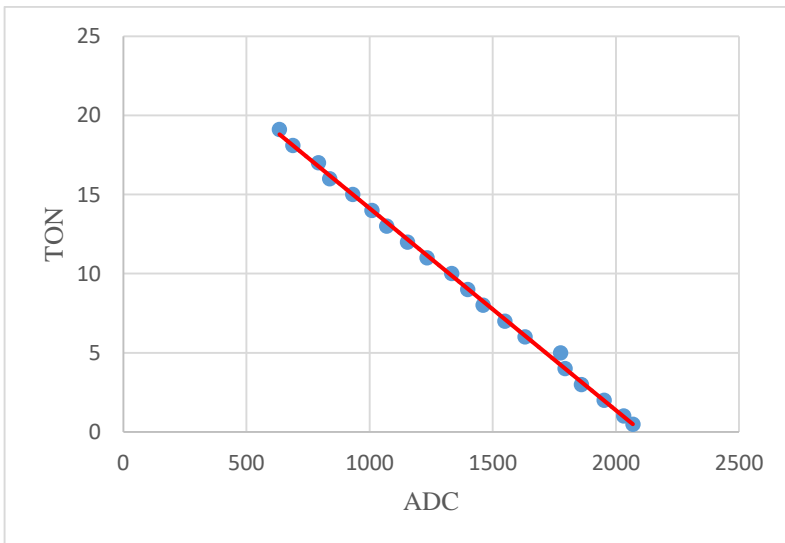
Tabel 4.8 Pengujian Pembacaan Vout INA 125P Ke Serial Monitor dengan sensor *Load Cell* kapasitas 20 TON

NO	TON	Vout Sensor (mV)	V INA125 (V)	ADC
1	0.475	-	0.12	2069
2	1	-	-0.1	2031
3	2	-0.5	-0.67	1952
4	3	-1.2	-1.2	1860
5	4	-1.7	-1.75	1794
6	5	-2.2	-2.25	1771
7	6	-2.7	-2.78	1631
8	7	-3.3	-3.35	1549
9	8	-3.8	-3.9	1461
10	9	-4.3	-4.4	1398
11	10	-4.9	-4.9	1333
12	11	-5.4	-5.5	1233
13	12	-6	-6.1	1154
14	13	-6.6	-6.6	1069
15	14	-7.1	-7.1	1010
16	15	-7.5	-7.55	932
17	16	-8.1	-8.18	838
18	17	-8.7	-8.68	792
19	18.1	-9.2	-9.25	688
20	19.1	-9.7	-9.62	634



Gambar 4.10 Pengujian Rangkaian Integrasi Semua *Hardware* ke Mikrokontroler dan Dilakukan Pembacaan di Serial Monitor Dengan Sensor *Load Cell* Kapasitas 20 TON.

Dari Tabel 4.8 di dapatkan hasil *analog digital converter* yang selanjutnya di gunakan untuk mengkonversi pembacaan *analog digital converter* menjadi satuan TON dengan cara mencari rumus *linear* menggunakan cara yang ada *microsoft excel*, sehingga di dapatkan rumus *linear* $y = -0.0127x + 26.864$. Adapun hasil yang diperoleh dari rumus *linear*, yang di tujukan pada Gambar 4.11 dan pada tabel 4.9.



Gambar 4.11 Hasil grafik dari rumus liner dengan kapasitas 20 TON.

Tabel 4.9 Hasil Dari Rumus *Linear* Dengan Sensor *Load Cell* Kapasitas 20 TON.

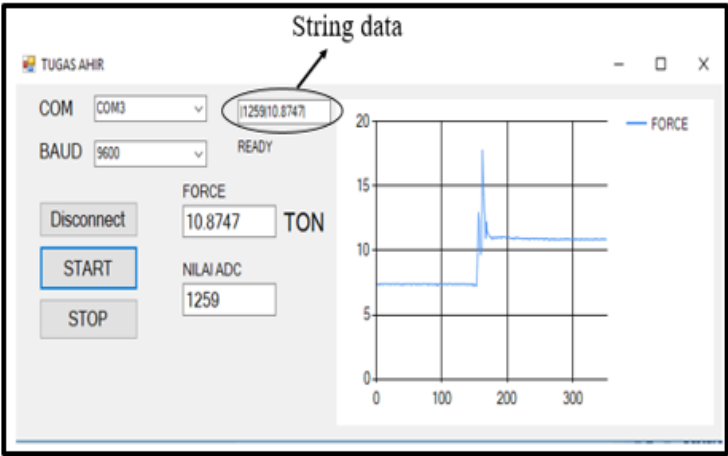
NO	ADC	TON	rumus <i>linearitas</i> $y = -0.0127x + 26.864$ (TON)	Error %	Rata –Rata Error %
1	2069	0.475	0.5877	-23.7263	-2.28754
2	2031	1	1.0703	-7.03	
3	1952	2	2.0736	-3.68	
4	1860	3	3.242	-8.06667	
5	1794	4	4.0802	-2.005	
6	1775	5	4.3215	13.57	
7	1631	6	6.1503	-2.505	
8	1549	7	7.1917	-2.73857	
9	1461	8	8.3093	-3.86625	
10	1398	9	9.1094	-1.21556	
11	1333	10	9.9349	0.651	
12	1233	11	11.2049	-1.86273	
13	1154	12	12.2082	-1.735	
14	1069	13	13.2877	-2.21308	
15	1010	14	14.037	-0.26429	
16	932	15	15.0276	-0.184	
17	838	16	16.2214	-1.38375	
18	792	17	16.8056	1.143529	
19	688	18.1	18.1264	-0.14586	
20	634	19.1	18.8122	1.506806	

Pada pengujian rumus *linear* dihitung presentase *error* dari TON dan rumus *linear* yang digunakan sebagai konversi untuk menjadi satuan TON. Rumus prosentase *error* yaitu

$$\%error = \left| \frac{TON - Rumus\ Linear}{TON} \right| \times 100\%$$

.....(4.2)

Dari Tabel 4.9 ternyata masih ada nilai *error* yang di hasilkan dari rumus *linear* yang digunakan sebagai konversi untuk menjadi satuan TON tersebut. Kemudian rumus tersebut di masukkan pada *software* Arduino dan di lanjutkan pada *HMI visual basic*. Hasil yang di peroleh di *HMI* sesuai dengan perhitungan rumus *linear*. Adapun hasil uji coba yang ditampilkan di *HMI* yang terdapat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Tampilan *HMI* Menggunakan *Visual basic*.

Pada tampilan *Human Machine Interface* yang terdapat di gambar 3.11 ini terdapat bagian *list box* com yang digunakan untuk memilih com yang tersambung dengan mikrokontroler. *List box* baud (*Baudrate*) yang digunakan untuk memilih baudrate yang di gunakan oleh mikrokontroler ,

baudrate yang digunakan untuk mikrokontroler ke *Human Machine Interface* yaitu 9600. *push button disconnect* digunakan untuk menyambungkan atau tidak menyambungkan *Human Machine Interface* dengan mikrokontroler. *Push button start* digunakan untuk melakukan pembacaan data yang dikirimkan dari mikrokontroler ke *Human Machine Interface*, namun untuk menyelesaikan pembacaan menggunakan *push button stop*. *String* data digunakan untuk penampungan data yang dikirimkan oleh mikrokontroler ke *Human Machine Interface* kemudian dilakukan pemisahan data yang akan masukkan ke *text box force*, dan *text box* nilai *ADC*. *Text box force* digunakan untuk mengetahui tekanan yang di hasilkan dari sensor *load cell*, dan ditampilkan juga dalam bentuk grafik, namun untuk penampilan grafiknya menggunakan parameter *force* terhadap waktu. *Text box* nilai *ADC* digunakan untuk mengetahui nilai yang dikirimkan sebelum di konversi menjadi *force* .

BAB V

PENUTUP

Bab penutup ini berisi kesimpulan yang diperoleh selama proses pembuatan alat Perancangan Perangkat *Hardware* dan *Software* Penerapan Alat Pembaca Sensor *Load Cell* Pada *Universal Testing Machine*, kesimpulan dari hasil pengujian dan analisa data, serta saran untuk pengembangan alat ini kedepannya.

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari Tugas Akhir dengan judul Penerapan Alat Pembaca Sensor *Load Cell* Pada *Universal Testing Machine* adalah :

1. Hasil pembacaan dari *Sensor Load Cell* mempunyai rata-rata nilai *error* $\pm 3\%$ dari setiap perubahan beban yang di uji.
2. Rangkaian signal *conditioning* yang terdiri dari rangkaian INA 125P dan rangkaian *zero and span* mampu membaca sinyal keluaran dari sensor *load cell* tanpa terganggu oleh *noise*
3. Rangkaian *zero and span* dapat mengkonversi tegangan masukan dari -14V sampai $+14\text{V}$ menjadi 0 V sampai 3.3V .
4. Tegangan yang dimasukkan ke mikrokontroler STM32F103C8T6 harus sesuai dengan spesifikasi yang telah di tetapkan yaitu 0V sampai 3.3V .

5.2 Saran

Saran untuk alat Penerapan Alat Pembaca Sensor *Load Cell* Pada *Universal Testing Machine* adalah :

1. Mikrokontroler yang digunakan sebaiknya mempunyai *analog digital converter* di atas 12bit supaya pembacaan dari tekanan yang di hasilkan oleh Sensor *Load Cell* lebih presisi.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fradden, J. 2003, *Handbook of Modern Sensor, Physics Designs and Applications*, Edisi 3, San Diego, California.
- [2] Halliday, D , Resnick, R., Walker,J., 1997, *Fundamentals of Physics*, John Wiley and Sons, Kanada.
- [3] Jacob, J.Michael. 1989. *Industrial Control Electronic Application and Design*. New Jersey : Prentice Hall.
- [4] Joyosono Heryanto, Susilo Lordian, Jeffry. *Strain Gauge*. Bandung : Fakultas Teknik Jurusan Elektro Universitas Kristen Maranatha.
- [5] Kusriyanto Medilla, Saputra Aditya. 2016. Rancang Bangun Timbangan Digital Terintegrasi Informasi Bmi Dengan Keluaran Suara Berbasis Arduino Mega 2560. Jurnal Teknoin, Volume 22 Nomor 4.
- [4] Musbikhin, 2011, Komunikasi Serial pada 8051 (online), <http://www.musbikhin.com/komunikasi-serial-pada-8051>, diakses 25 Juni 2012.
- [5] Pujiono. 2012. Rangkaian Elektronika Analog. Yogyakarta : Graha Ilmu
- [6] Ramang, M., 2010, Penggunaan *Strain gauge* untuk Analisa Tegangan pada Pembebanan Statik Batang Aluminium, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, Palu
- [7] Suri, R.B., 2003, Studi Pembuatan Alat Ukur Berat Tetes Zat Cair Berbasis PC Dengan Sensor *Strain gauge*, Skripsi, Universitas Andalas, Padang.
- [8] Zaenuri ,muhib ahmad .ST,2008, kekuatan bahan.,bangkalan madura.indonesia

\

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

LAMPIRAN A

A.1 *Listing Program Pada Arduino*

```
float nilai;
int sensor1;

double readings[50];
int urut=0;
double total =0;
double average = 0;

byte data;
// the setup function runs once when you press reset or power the
board
void(* resetFunc) (void) = 0;

void setup()
{
  pinMode(PA4, INPUT);
  Serial.begin(9600);

  for (int i=0;i<50;i++)
  {
    readings[i]=0;
  }

}

// the loop function runs over and over again forever
void loop() {
  total=total-readings[urut];
  int sensor1= analogRead(PA4);
  readings[urut] = ((-8.3065*sensor1) + 16035);
  total = total + readings[urut];
  urut++;
  if (urut>=50)
  {
    urut=0;
```

```

}
average = total/50.0;
if (Serial.available() > 0)
{
    data = Serial.read();
}
switch (data) {
    // while(1){
    case 97:
        Serial.print("|");
        Serial.print(sensor1);
        Serial.print("|");
        Serial.print(average);
        Serial.println("|");
        break;
    case 98:
        nvic_sys_reset();
        break;
}
delay(1);
}

```

A.2 Listing Program Pada Visual basic

```

Imports System.IO.Ports
Public Class Form1
    'Inisialisasi port
    Dim WithEvents COMPort As New SerialPort
    'Inisialisasi komunikasi data
    Private readBuffer As String = String.Empty
    Private Bytenumber As Integer
    Private ByteToRead As Integer
    Private byteEnd(2) As Char
    'Inisialisasi parsing data
    Dim strinput As String
    Dim data(3) As String

    Dim Now As String

    Dim prosesoff As Boolean = False

```

```

Dim disconnect As Boolean = False
Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As
EventArgs) Handles B1.Click
    If B1.Text = "Connect" Then
        COMPort.BaudRate = Val(cmbb.SelectedItem)
        COMPort.PortName = cmbcom.SelectedItem
        Try
            COMPort.Open()
            B1.Text = "Disconnect"
            Label7.Text = "READY"

            COMPort.RtsEnable = True
            COMPort.DtrEnable = True
            System.Threading.Thread.Sleep(10)
            Timer1.Enabled = True

        Catch ex As Exception

        End Try
    Else
        COMPort.Close()
        B1.Text = "Connect"
        Label7.Text = "UNREADY"

        Timer1.Enabled = False
        System.Threading.Thread.Sleep(10)

    End If
End Sub

Private Sub Form1_Load(sender As Object, e As
EventArgs) Handles MyBase.Load
    Try
        For Each COMString As String In
My.Computer.Ports.SerialPortNames
            cmbcom.Items.Add(COMString)
        Next
        cmbcom.SelectedIndex = 0
        cmbb.SelectedItem = "9600"
    Catch ex As Exception

```

```

        MsgBox(ex.Message)
    End Try
End Sub
Private Sub Receiver(ByVal sender As Object, ByVal e
As SerialDataReceivedEventArgs) Handles
COMPort.DataReceived

    If COMPort.IsOpen Then
        Try
            byteEnd = COMPort.NewLine.ToCharArray
            Bytenumber = COMPort.BytestoRead
            readBuffer = COMPort.ReadLine()
            Me.Invoke(New EventHandler(AddressOf
            DoUpdate))
        Catch ex As Exception
        End Try
    End If
End Sub

Public Sub DoUpdate(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.EventArgs)

    Timer1.Enabled = True
    Call proses_fix()

    If disconnect Then
        prosesoff = True
    End If
End Sub
Private Sub proses_fix()
    strinput = TextBox1.Text
    Dim panjang_data As Integer
    Dim x As Integer
    Dim z As Integer
    panjang_data = Len(strinput)

    Dim i As Integer
    i = 0
    z = 0

```

```

    For x = 1 To Len(readBuffer$)
        If Mid(readBuffer$, x, 1) = "|" Then
            z = z + 1
            Data(i) = Mid(readBuffer$, z, x - z)
            i = i + 1
            z = x
        End If
    Next x
End Sub

Private Sub cmbPort_SelectedIndexChanged(sender As
Object, e As EventArgs) Handles
cmbcom.SelectedIndexChanged
    If COMPort.IsOpen = False Then
        COMPort.PortName = cmbcom.Text
    Else
        MsgBox("Valid only if port is Closed",
vbCritical)
    End If
End Sub

Private Sub cmbBaud_SelectedIndexChanged(sender As
Object, e As EventArgs) Handles
cmbbb.SelectedIndexChanged
    If COMPort.IsOpen = False Then
        COMPort.BaudRate = cmbb.Text
    Else
        MsgBox("Valid only if port is Closed",
vbCritical)
    End If
End Sub

Private Sub Timer1_Tick(sender As Object, e As
EventArgs) Handles Timer1.Tick
    If COMPort.IsOpen Then
        Now = TimeOfDay
        TextBox1.Text = readBuffer
        TB1.Text = data(2)
        TB2.Text = data(1)
    Try
Chart1.Series.Item("FORCE").Points.AddY(data(2))

```

```

        Catch ex As Exception

            End Try
        End If
    End Sub

    Private Sub ClosePort()
        If COMPort.IsOpen Then
            COMPort.Close()
        End If
    End Sub

    Private Sub B2_Click(sender As Object, e As EventArgs)
        Handles B2.Click
            COMPort.Write("a")
            Timer1.Start()
    End Sub

    Private Sub B3_Click(sender As Object, e As EventArgs)
        Handles B3.Click
            COMPort.Write("b")
            Timer1.Stop()
    End Sub

    Private Sub Chart1_Click(sender As Object, e As
        EventArgs) Handles Chart1.Click

    End Sub
End Class

```


LAMPIRAN B

B.1 DATASHEET SENSOR LOAD CELL KAPASITAS 20 TON TYPE CLG - 200KNB

CLG-NB --COMPRESSION LOAD CELL--

The CLG-NB Load CELL is a high-precision load cell in a thin, hermetically sealed package. It is widely used in tight spaces and as a system sensor for industrial machinery.

-- Feature --

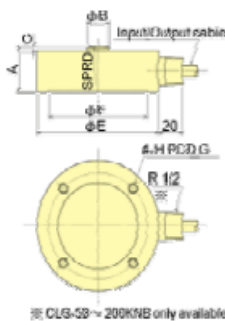
High precision and high stability with hermetical construction
Low profile and ease to handle
Optimum as system sensor for industrial machines



-- Specifications --

Type (CLG-)	10KNB	20KNB	50KNB	100KNB	200KNB
Capacity	10kN	20kN	50kN	100kN	200kN
Rated Output*	2mV/V±0.5%				
Non-linearity	0.2%RO				
Hysteresis	0.2%RO				
Temperature Effect on Zero	0.01%/°C(-10 to +60°C)				
Temperature Effect on Span	0.005%/°C(-10 to +60°C)				
Temperature Range Allowable	-30 to +80°C				
Over Load	150%				
Resistance	350 ohm ±1%				
Exciting Voltage Recommended	Less than 6V				
Exciting Voltage Allowable	15V				
Initial Unbalance	5%RO				
Electrical Connection	Ø6mm 0.35mm ² 4-core Shielded Chloroprene Cable 5m		Ø9mm 0.5mm ² 4-core Shielded Chloroprene Cable 5m		

*Rated Output: 1mV/V=2000x10⁻⁶strain



※ CLG-SB ~ 200KNB only available

Type	A	B	C	D	E	F	G	H	Weight
CLG-10KNB	25	12	3	60	84	59	70	M5DP 8	0.9kg
CLG-20KNB	25	12	3	60	84	59	70	M5DP 8	0.9kg
CLG-50KNB	35	18	3	60	102	67	82	M8DP 10	1.8kg
CLG-100KNB	40	22	5	80	117	71	90	M8DP 10	2.6kg
CLG-200KNB	50	28	7	100	127	77	100	M8DP 10	3.8kg


Unit:mm

-- Fitting accessory --

Type	Spherical Cap FA	Mounting Flange FB	Side Supporto FC
CLG-10/20KNB	FA-60	FB-2-70	FC-5-60
CLG-50KNB	FA-60	FB-5-82	FC-5-60
CLG-100KNB	FA-80	FB-10-90	FC-20-80
CLG-200KNB	FA-100	FB-20-100	FC-20-100

Detailed dimensions of related products are on other page. Click the type of product on the table.

B.2 DATASHEET SENSOR LOAD CELL KAPASITAS 100 TON
TYPE CLP – 1MN



General purpose
Various capacities

The CLP-NB has a column type strain sensing element. With a full line of products with capacities ranging from 10kN to 10MN, customers can select a model for any load level.

NB: Available with built-in two isolated I/O ports at option

Protection ratings: IP65 equivalent

CE

CLP-10-500kNB

CLP-5-5MN

CLP-10MN

■ DIMENSIONS

TYPE	A	øB	øC	E	F	G	H	I	J	K
CLP-10kNB	85	65	22	55	8	55	45	35	100	15
CLP-20kNB	85	65	22	55	8	55	45	35	100	15
CLP-30kNB	85	65	22	55	8	55	45	35	100	15
CLP-50kNB	85	65	22	55	8	55	45	35	100	15
CLP-100kNB	85	65	24	55	8	55	45	35	100	15
CLP-200kNB	105	70	34	65	10	100	50	45	100	15
CLP-300kNB	145	95	50	85	15	140	70	65	100	15
CLP-500kNB	145	95	50	85	15	140	70	65	100	15
CLP-1MN	180	115	75	105	15	180	80	80	100	15
CLP-2MN	230	145	105	135	15	230	100	100	100	15
CLP-3MN	275	165	125	155	15	260	115	120	100	15
CLP-5MN	345	200	155	185	20	330	145	145	100	15
CLP-10MN										

As per the figure

■ FITTING ACCESSORY

TYPE	Spherical Cap: FA	Mounting Flange: FB	Side Support: FC
CLP-10kNB-500kNB	FA-65	FB-15-35	FC-35-65
CLP-100kNB	FA-65	FB-15-35	FC-35-65
CLP-200kNB	FA-100	FB-35-100	FC-35-100
CLP-300kNB-500kNB	FA-100	FB-35-100	FC-35-100
CLP-1MN	FA-180	FB-105-180	-
CLP-2MN	FA-230	FB-105-230	-
CLP-3MN	FA-260	FB-105-260	-
CLP-5MN	FA-345	FB-155-345	-
CLP-10MN	FA-720	FB-185-720	-

Refer to pages 30-35 for load cell fitting accessories.

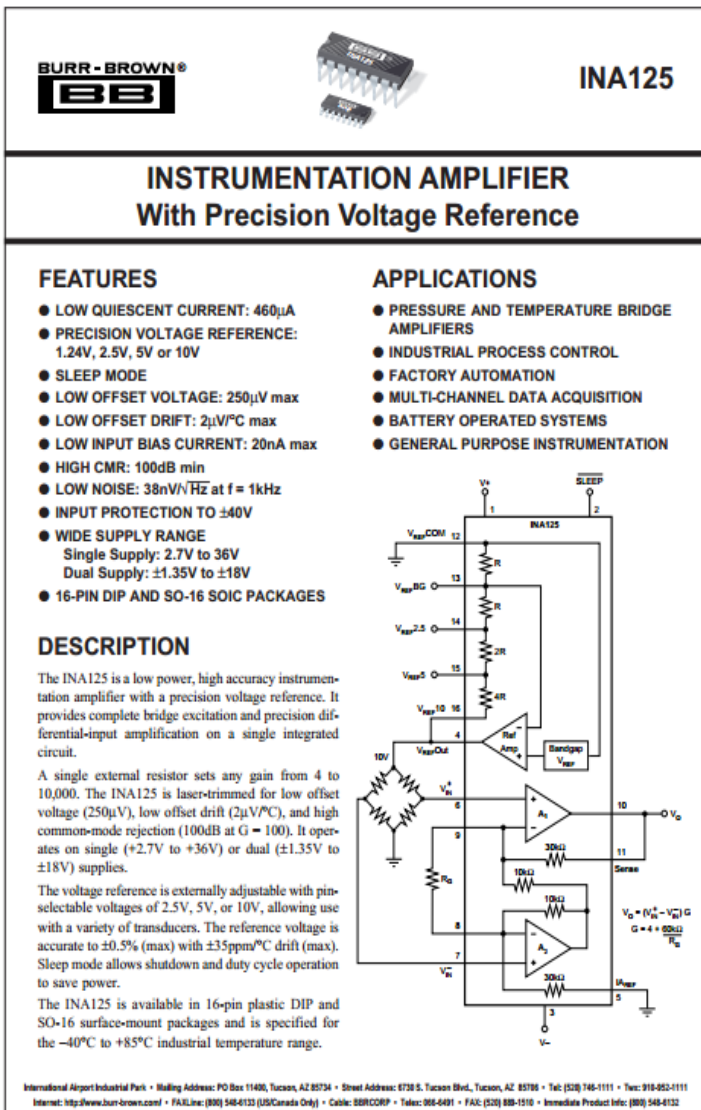
■ SPECIFICATIONS

TYPE	CLP-10kNB	CLP-20kNB	CLP-30kNB	CLP-50kNB	CLP-100kNB	CLP-200kNB	CLP-300kNB	CLP-500kNB	CLP-1MN	CLP-2MN	CLP-3MN	CLP-5MN	CLP-10MN
Capacity	10kN	20kN	30kN	50kN	100kN	200kN	300kN	500kN	1MN	2MN	3MN	5MN	10MN
Rated Output	1.5mV/V (2000-10 ⁻⁴ strain) ±0.1%												
Non-linearity	0.1%RD												
Hysteresis	0.1%RD												
Repeatability	0.1%RD												
Frequency	7.5kHz	8.2kHz	11kHz	16kHz	19kHz	16kHz	11kHz	13kHz	13kHz	7.5kHz	5.8kHz	4.5kHz	2.7kHz
Temperature effect on zero	±0.1%RD/°C												
Temperature effect on span	±0.05%RD/°C												
Compensated temperature range	-10 ~ +45°C												
Allowable temperature range	-20 ~ +75°C												
Over load	150%												
Input/Output resistance	2500±1%												
Recommended exciting voltage	10V or less												
Allowable exciting voltage	20V												
Zero balance	5%RD												
Weight	1.1kg	1.1kg	1.1kg	1.1kg	1.2kg	2.0kg	4.2kg	4.8kg	10kg	24kg	33kg	70kg	190kg

Input/Output cable : CTR-HN10WP-5T8 (ø line: 0.5mm² 4-core shielded champagne cable 15m)

52

B.3 DATASHEET IC INA125P



APPLICATION INFORMATION

Figure 1 shows the basic connections required for operation of the INA125. Applications with noisy or high impedance power supplies may require decoupling capacitors close to the device pins as shown.

The output is referred to the instrumentation amplifier reference (I_{A_REF}) terminal which is normally grounded. This must be a low impedance connection to assure good common-mode rejection. A resistance of 12Ω in series with the I_{A_REF} pin will cause a typical device to degrade to approximately 80dB CMR ($G = 4$).

Connecting V_{REF_OUT} (pin 4) to one of the four available reference voltage pins (V_{REF_BG} , $V_{REF_2.5}$, V_{REF_5} , or V_{REF_10}) provides an accurate voltage source for bridge applications.

For example, in Figure 1 V_{REF_OUT} is connected to V_{REF_10} thus supplying 10V to the bridge. It is recommended that V_{REF_OUT} be connected to one of the reference voltage pins even when the reference is not being utilized to avoid saturating the reference amplifier. Driving the SLEEP pin LOW puts the INA125 in a shutdown mode.

SETTING THE GAIN

Gain of the INA125 is set by connecting a single external resistor, R_G , between pins 8 and 9:

$$G = 4 + \frac{60k\Omega}{R_G} \quad (1)$$

Commonly used gains and R_G resistor values are shown in Figure 1.

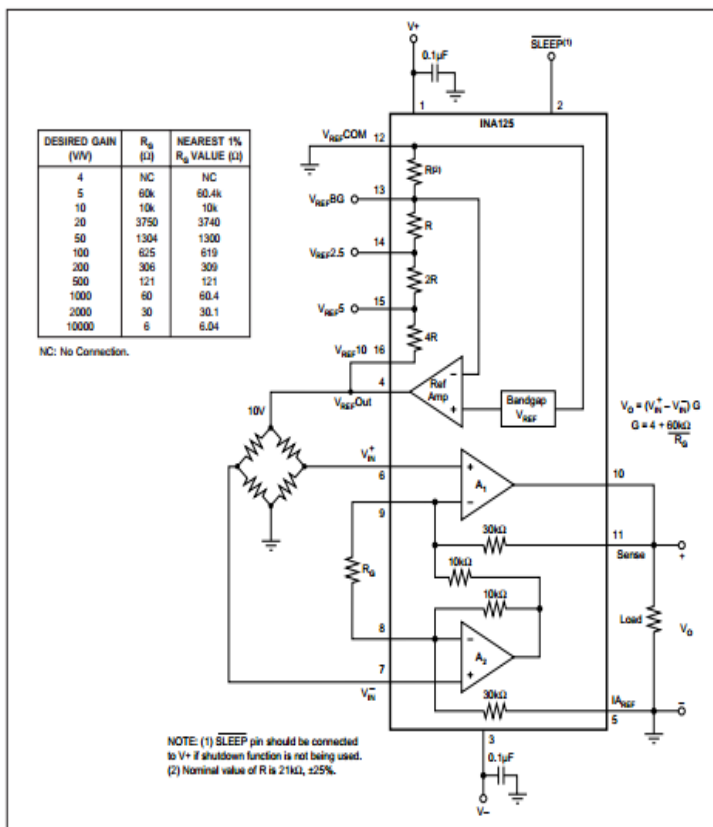


FIGURE 1. Basic Connections.

B.4 DATASHEET LM 741 OPERATIONAL AMPLIFIER

 Product Folder

 Sample & Buy

 Technical Documents

 Tools & Software

 Support & Community



LM741

SNOSC25D – MAY 1998 – REVISED OCTOBER 2015

LM741 Operational Amplifier

1 Features

- Overload Protection on the Input and Output
- No Latch-Up When the Common-Mode Range is Exceeded

2 Applications

- Comparators
- Multivibrators
- DC Amplifiers
- Summing Amplifiers
- Integrator or Differentiators
- Active Filters

3 Description

The LM741 series are general-purpose operational amplifiers which feature improved performance over industry standards like the LM709. They are direct, plug-in replacements for the 709C, LM201, MC1439, and 748 in most applications.

The amplifiers offer many features which make their application nearly foolproof: overload protection on the input and output, no latch-up when the common-mode range is exceeded, as well as freedom from oscillations.

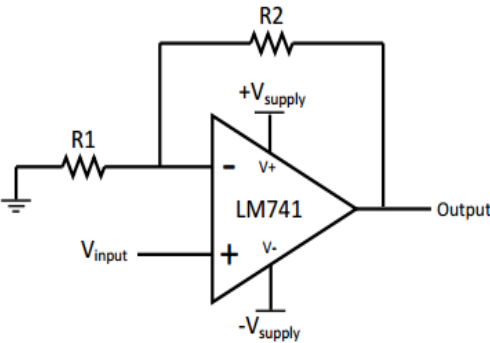
The LM741C is identical to the LM741 and LM741A except that the LM741C has their performance ensured over a 0°C to +70°C temperature range, instead of -55°C to +125°C.


Device Information⁽¹⁾

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
LM741	TO-99 (8)	9.08 mm × 9.08 mm
	CDIP (8)	10.16 mm × 6.502 mm
	PDIP (8)	9.81 mm × 6.35 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the data sheet.

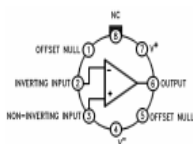
Typical Application



 An IMPORTANT NOTICE at the end of this data sheet addresses availability, warranty, changes, use in safety-critical applications, intellectual property matters and other important disclaimers. PRODUCTION DATA.

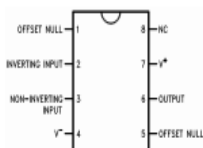
5 Pin Configuration and Functions

LMC Package
8-Pin TO-99
Top View



LM741H is available per JM38510/10101

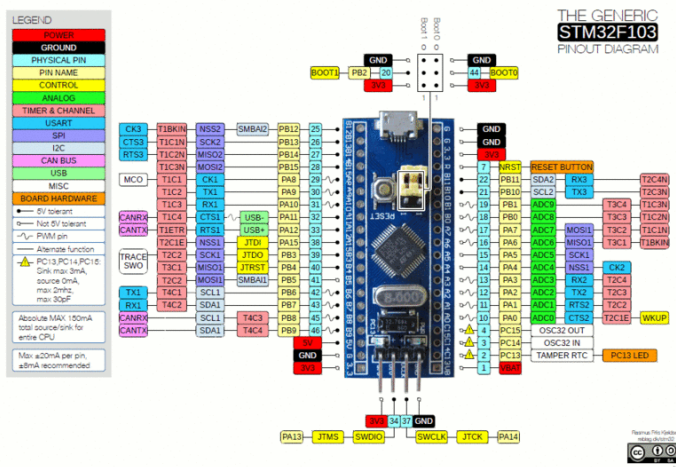
NAB Package
8-Pin CDIP or PDIP
Top View



Pin Functions

PIN		I/O	DESCRIPTION
NAME	NO.		
INVERTING INPUT	2	I	Inverting signal input
NC	8	N/A	No Connect, should be left floating
NONINVERTING INPUT	3	I	Noninverting signal input
OFFSET NULL	1, 5	I	Offset null pin used to eliminate the offset voltage and balance the input voltages.
OUTPUT			
OUTPUT	6	O	Amplified signal output
V ₊	7	I	Positive supply voltage
V ₋	4	I	Negative supply voltage

B.5 DATASHEET MIKROKONTROLER STM32F103C8T6



- Low power
 - Sleep, Stop and Standby modes
 - V_{BAT} supply for RTC and backup registers
- 2 x 12-bit, 1 μ s A/D converters (16-channel)
 - Conversion range: 0 to 3.6 V
 - Dual-sample and hold capability
 - Synchronizable with advanced control timer
 - Temperature sensor
- DMA
 - 7-channel DMA controller
 - Peripherals supported: timers, ADC, SPIs, I²Cs and USARTs

- Up to 9 communication interfaces
 - Up to 2 x I²C interfaces (SMBus/PMBus)
 - Up to 3 USARTs (ISO 7816 interface, LIN, IrDA capability, modem control)
 - Up to 2 SPIs (18 Mbit/s)
 - CAN interface (2.0B Active)
 - USB 2.0 full speed interface

Table 1. Device summary

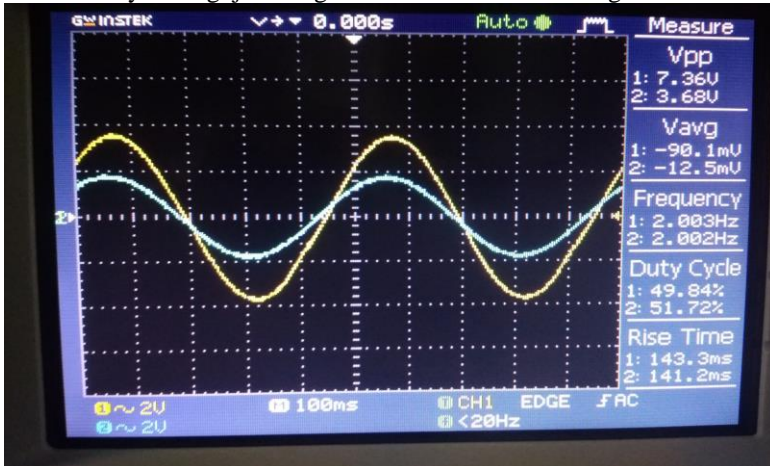
Reference	Root part number
STM32F103xB	STM32F103C6, STM32F103R6
STM32F103xB	STM32F103C8, STM32F103R8
STM32F103xB	STM32F103VB
STM32F103xB	STM32F103RB STM32F103VB

LAMPIRAN C

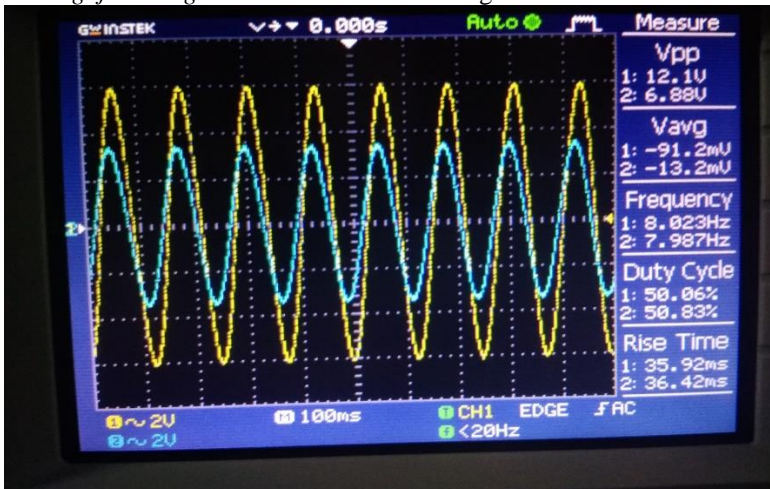
PENGUJIAN ALAT

C.1. PENGUJIAN RANGKAIAN *LOW PASS FILTER*

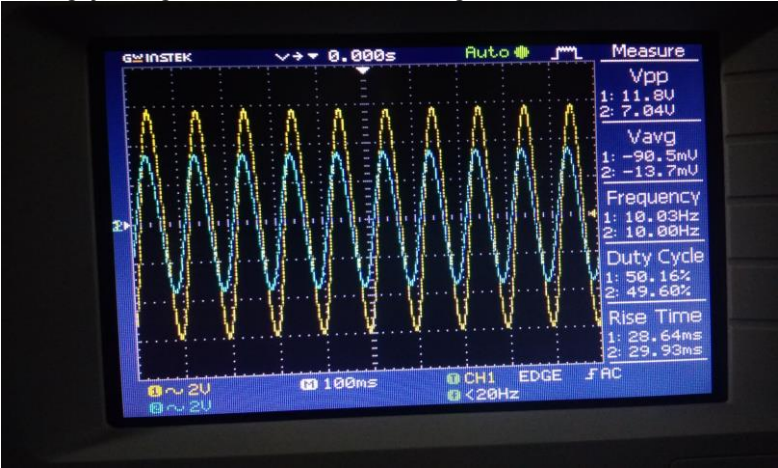
a. Hasil Sinyal Pengujian rangkaian *Low Pass Filter* dengan frekuensi 2 Hz



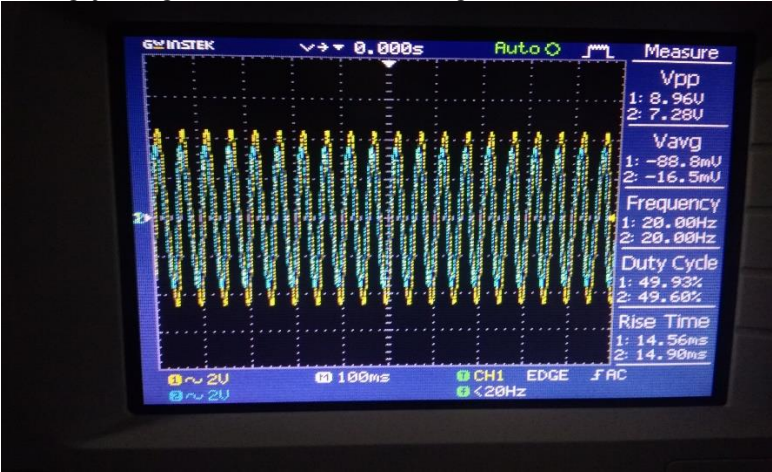
b. Pengujian rangkaian *Low Pass Filter* dengan frekuensi 8 Hz



c. Pengujian rangkaian *Low Pass Filter* dengan frekuensi 10 Hz

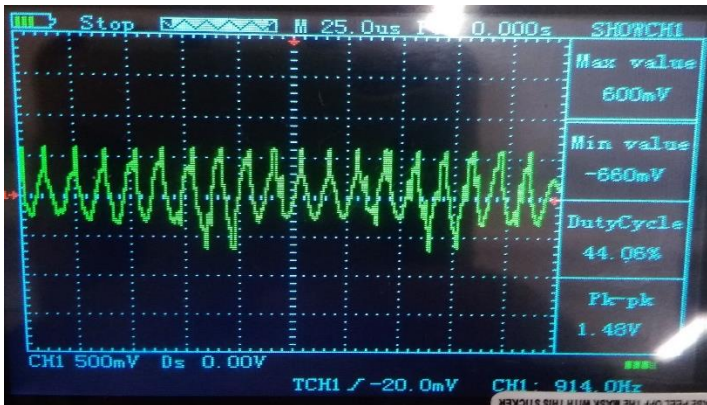


d. Pengujian rangkaian *Low Pass Filter* dengan frekuensi 20 Hz



C.2. PENGUJIAN RANGKAIAN INA 125P DENGAN SENSOR *LOAD CELL* 20 TON

a. Hasil sinyal pengujian rangkaian INA 125P dengan tekanan 2 TON



C.3. PENGUJIAN INTEGRASI SEMUA PERANGKAT *HARDWARE* KE MIKROKONTROLER SERTA PEMBACAAN DI *HMI VISUAL BASIC* DENGAN *SENSOR LOAD CELL* KAPASITAS 20 TON



**C.4. PENGUJIAN INTEGRASI SEMUA PERANGKAT *HARDWARE*
KE MIKROKONTROLER SERTA PEMBACAAN DI *HMI*
VISUAL BASIC DENGAN *SENSOR LOAD CELL* KAPASITAS
100 TON**



DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Rizan Zairosyi Fahmi
TTL : Pamekasan, 05 Januari 1997
Jenis Kelamin : Laki - laki
Agama : Islam
Alamat : JL. Stadion Gg IV No. 11,
Pamekasan
Telp/HP : 087750813745
E-mail : rizzanzairosyifahmi97@gmail
.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

1. 2003 – 2009 : SDN BARKOT 1 Pamekasan
2. 2009 – 2012 : SMP Negeri 2 Pamekasan
3. 2012 – 2015 : SMA Negeri 2 Pamekasan
4. 2015 – 2018 : D3 Teknik Elektro Otomasi, Program Studi Teknik Elektro Komputer Kontrol – Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

PENGALAMAN KERJA

1. Kerja Praktek di PT. BARATA INDONESIA (PERSERO)
2. Kerja di CV. INC – TECH sebagai Marketing Manager

PENGALAMAN ORGANISASI

1. Staff FORKAMP ITS 2015

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----